

Emmi Ollikainen

# **TIETOMALLIN TUOTANTOON KELPOISUUDEN TOTEAMINEN KONELUETTAVAN DATAN AVULLA**

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

14.4.2018

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Emmi Ollikainen Tietomallin tuotantoon kelpoisuuden toteaminen koneluettavan datan avulla 46 sivua 14.4.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine	Rakennetekniikka
Ohjaajat	Senior BIM and Digital Workflow Manager Jyrki Maalahti Lehtori Jouni Ruotsalainen
<p>Insinööritöiden taustalla oli kohdeyrityksen tarve kehittää tietomallien käytettävyyttä ja niiden laadunvarmistusprosessia.</p> <p>Työ koostuu teoriaosuudesta sekä haastattelututkimuksesta.</p> <p>Teoriaosuuksessa perehdytään tietomallien käyttöön, tietomallipohjaiseen suunnitteluprosessiin sekä tietomallien laadunvalvontaan. Teoriaosuuksessa painotetaan YTV-ohjeistuksen mukaisia toimintatapoja, joilla pyritään saamaan tietomalleista irti kaikki mahdollinen hyöty ja ehkäisemään tietomallien virheitä.</p> <p>Haastattelututkimuksessa selvitettiin yleisiä tietomalleissa esiintyviä virheitä. Esille tulleet virheet jaettiin virhetyyppeihin, joiden vaikutukset tuotannon ja kustannusten suhteen laskettiin yhteen. Vaikutusten perusteella valittiin 10 virhetyyppeä, joiden pohjalta luotiin Solibri Model Checker -ohjelmalla tarkastustyökalu, joka tarkastaa valittujen virheiden esiintymisen tietomalleissa.</p> <p>Haastattelututkimuksessa esille tulleet virheet jaettiin virhetyyppeihin, joita oli 20. Haastatteluiden perusteella yleisimmät ongelmat tietomallien suhteen ovat eri suunnittelualojen tietomallien yhteensovitusongelmat. Yhteensovitusongelmat näkyvät tietomalleissa erityisesti rakenteiden keskinäisinä törmäyksinä sekä puutteellisina reikävaraustietoina. Nämä virheet ovat myös tyypiltään kriittisimpiä ja niiden toistuminen rakennuksen tietomallipohjaisissa suunnitelmissa voi aiheuttaa suuria lisäkustannuksia projektin budjettiin nähden sekä vaikeuttaa tuotannon etenemistä rakennustyömaalla.</p>	
Avainsanat	Tietomallintaminen, Tietomalli, Yhdistelmämalli, Mallinnusvirheet

Author Title	Emmi Ollikainen Viability Checking of Building Information Models by Data Based Software
Number of Pages Date	46 pages 14 April 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Structural Engineering
Instructors	Jyrki Maalahti, Senior BIM and Digital Workflow Manager Jouni Ruotsalainen, Senior Lecturer
<p>The goal of this engineering study was to improve the usability and the quality assurance of Building Information Models in the subject company.</p> <p>The study consists of a theory part and a survey about the faults of the Building Information Models.</p> <p>The theory part explains the basics of using of BIM, the BIM based planning process and the quality controlling of the BIM based on YTV2012 instructions. The main goal of the theory part is to show the methods as to how to get all the advantage of the BIM and how to avoid the faults in the Building Information Modeling.</p> <p>The faults found in the survey were divided into 20 different flaw types. From the flaw types were estimated 10 the most critical types by effects to the construction phase and the costs of the project. The most common faults in the models are problems putting together the models from the different planners. This causes clashes of structures and lacking hole plans in BIM. These two faults are also included to the most critical flaw types. A large number of these types of faults can cause significant increase of the costs of projects and encumber construction.</p>	
Keywords	BIM, Building Information Modeling, Building Information Models

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tietomallintaminen	2
2.1	Tietomallit	2
2.2	Tietomallien käyttö	3
2.3	Erilaiset tietomallit	5
2.4	Miksi tietomallintaminen?	8
3	Tietomallipohjainen suunnitteluprosessi	10
3.1	Suunnitteluprosessin aloitus	10
3.2	Suunnitteluprosessin eteneminen	11
3.3	Tiedonsiirto ja tietomallien yhdistäminen	14
3.4	Suunnittelunohjaus ja suunnitteluprojektin johtaminen	16
3.5	Tietomallien laadunvarmistus	17
4	Tutkimuskysymys	22
4.1	Tutkimuksen taustaa	22
4.2	Haasteet tietomallien käytössä	23
4.3	Yleisimmät tietomalleissa todetut puutteet ja virheet	24
4.4	Esimerkkejä yleisimmistä mallinnusvirheistä	28
4.5	Tietomallivirheiden vaikutukset	30
5	Tietomallit tarkastava työkalu	38
5.1	Tarkastustyökaluun valitut virhetyypit	38
5.2	Solibri Model Checker	39
5.3	Solibri Model Checker-työkalu	41
6	Johtopäätökset	44
	Lähteet	45

## Lyhenteet

ARK	Arkkitehti
BIM	Tietomalli, tietomallintaminen
IFC	ohjelmista riippumaton tiedonsiirtoformaatti
RAK	Rakennesuunnittelija
SMC	Solibri Model Checker
TATE	Talotekniikka
YTV tai YTV2012	Yleiset tietomallivaatimukset, jotka on julkaistu vuonna 2012. YTV-ohjeita käytetään alan yleisenä standardina Suomessa.

## 1 Johdanto

Tietomallien käyttö rakennusprojektin eri vaiheissa on lisääntynyt viime vuosina ja niiden käyttöä halutaan jatkuvasti kehittää. Jotta tietomalleja pystytään hyödyntämään halutuilla tavoilla, täytyy tietomallien olla oikein tehtyjä ja virheettömiä.

Insinööritö tehdään SRV Rakennus Oy:lle ja sen tarkoituksena on selvittää haastatteluiden avulla tietomallien yleisimpiä virheitä ja puutteita ja tehdä saatujen tulosten pohjalta tietomallien tarkastusohjelmalla työkalu, jolla näitä virheitä voidaan tarkastaa.

Työ jakautuu kirjallisuuskatsaukseen sekä haastattelututkimukseen ja haastatteluiden pohjalta tehtävän työkalun toteutukseen. Työn teoriaosuudessa perehdytään tietomallien käyttöön yleisesti ja pyritään käymään läpi toimintatapoja, joilla voidaan välttää haastatteluissa esille tulleita mallinnusvirheitä.

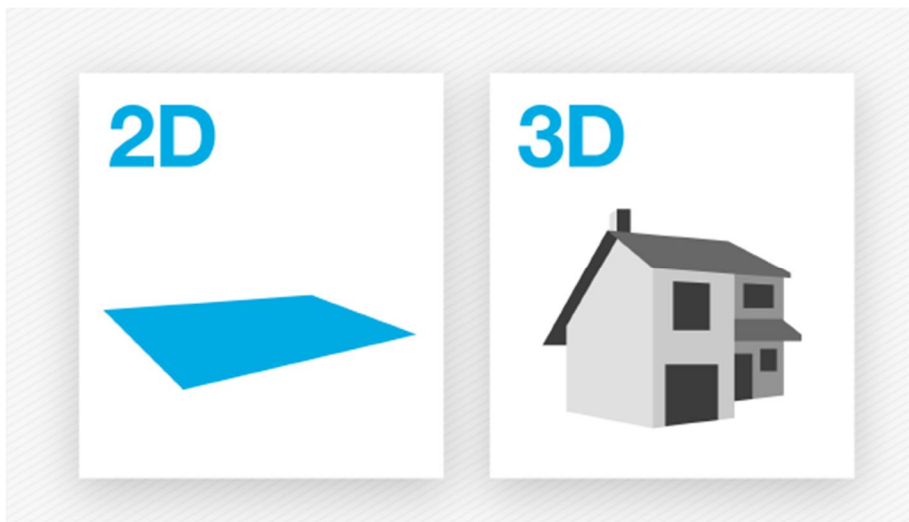
Haastattelututkimus toteutetaan asuntorakentamisen yksikössä ja tietomallien tarkastustyökalu tehdään ensisijaisesti asuntorakentamistuotannon näkökulmasta. Luotu työkalu jää vain kohdeyrityksen käyttöön, joten sen tarkkaa sisältöä ei käsitellä tässä raportissa.

## 2 Tietomallintaminen

### 2.1 Tietomallit

Tietomallintamisella tarkoitetaan yleisesti suunnittelutapaa, jossa 3D-muodossa oleviin malleihin sisällytetään suunniteltavan rakennuksen muotoa kuvaavan tiedon lisäksi myös muuta tietoa kohteesta. Kokonaisvaltaisella tietomallintamisella pyritään rakennuksen koko elinkaaren kattavaan tiedonhallintaan sekä mallitietojen mahdollisimman laajaan käyttöön rakennuksen kaikissa vaiheissa alkaen suunnittelusta päättyen rakennuksen käytön ja ylläpidon vaiheisiin. Tietomallintamisesta käytetään yleisesti myös lyhennettä BIM, joka tulee englanninkielien sanoista Building Information Modeling. [1.]

Kolmiulotteisen tietomallin avulla voidaan esittää kohteen rakennusosien pinta-alat, tilavuudet, mitta- sekä määrätiedot. Näiden perustietojen lisäksi malliin voidaan lisätä kohteen rakennusosille lisätietoja, kuten rakennusosan rakenneluokka, rakennetyyppi, paloluokka, sijainti ja korkotieto sekä rakenteen materiaali, paksuus, asennusaika ja kustannus. [1; 9, s. 8.]



Kuva 1 Yksinkertaistus 2D- ja 3D-muodossa olevien suunnitelmien eroista [19]

Kun 3D-muodossa olevaan tietomalliin lisätään aikatietoja, kutsutaan mallia 4D-malliksi, jolloin sitä voidaan käyttää aikataulujen ja toteutustapojen suunnitteluun sekä eri työvaiheiden etenemisen seurantaan kohteessa. Kun aikatietojen lisäksi malliin lisätään kohteen kustannustiedot, kutsutaan mallia 5D-malliksi, jonka avulla voidaan suorittaa myös kustannusohjausta rakennettavassa kohteessa. [9, s. 8.]

## 2.2 Tietomallien käyttö

Tietomallien visuaalisuus on yksi niiden merkittävimmistä ominaisuuksista. Visuaalisuuden ansiosta perehtyminen rakennettavaan kohteeseen ja sen erilaisiin rakenteisiin helpottuu.



Kuva 2 Arkkitehtimallin Kalasataman REDIstä

Kun rakennettava kohde koostuu useista eri vaiheissa rakennettavista rakennuksista ja saattaa lisäksi sisältää monimutkaisia infrarakenteita, korostuu tietomallien hyödyntäminen kohteen visualisoinnissa. Visuaalisuudesta on apua myös, kun rakennettava kohde



sisältää rakenteita, joista projektissa mukana olevilla henkilöillä ei ole aiempaa kokemusta tai kun rakennettava kohde on muodoltaan hankala. Kuvassa 2 on esitetty Helsingin Kalasatamaan rakennettavan REDIn arkkitehtimalli. REDIn kauppakeskuksen päälle rakennetaan tornitaloja ja kauppakeskuksen läpi kulkee sekä auto- että metrolinnettä. Tällaisissa kohteissa tietomallien hyödyt korostuvat, kun niiden avulla voidaan havainnollistaa rakennusten liittyminen toisiinsa sekä suunnitella työvaiheita usean eri toimijan yhteisellä työmaalla. Lisäksi poikkeuksellisen monimutkaiset talotekniikan ratkaisut ja rakennuksen läpi kulkevat rakenteet, kuten erilaiset kuilut, tekevät tietomallien käytön rakentamisen aikana lähes välttämättömäksi. [16.]

Suunnitteluprosessin aikana tietomallien visuaalisuutta voidaan käyttää avuksi myös pohdittaessa erilaisia suunnitteluratkaisuja käyttäjän näkökulmasta. Näitä voivat olla esimerkiksi pistorasioiden ja valokatkaisijoiden paikat sekä muut rakennuksen jokapäiväiseen käyttöön vaikuttava ratkaisut. Tietomallien avulla on lisäksi jo suunnitteluvaiheessa helppo selvittää, onko suunnitelluille rakenteille ja ratkaisuille todellisuudessa tarpeeksi tilaa vai joudutaanko niitä siirtämään tai toteuttamaan toisilla menetelmillä. Tällaisia esimerkkejä ovat maan alle tulevien jäteastioiden tilan tarve sekä talotekniikan putkien sijainnit rakennuksen sisällä ja tontin reunoilla. Tietomallin avulla on helppo tutkia myös esimerkiksi erilaisia tilavaatimuksia, kuten saavuttaako parkkihallin katto vaadittavan korkeuden tai onko LVI-tekniikalle ja niiden huoltamiselle riittävästi tilaa kattorakenteissa ja IV-konehuoneissa. [16.]

Tietomalleja voidaan käyttää eri suunnittelualojen suunnitelmiin perehdyttäessä sekä tuotannonsuunnittelussa ja -ohjauksessa. Toimivien tietomallien olemassaoloa hyödynnetään urakoitsijoiden toimesta sekä rakentamisen valmistelun että rakentamisen aikana. Tietomallien avulla voidaan havainnollistaa samoissa tiloissa olevat eri suunnittelualojen ratkaisut ja näin hyödyntää tietomalleja esimerkiksi talotekniikan asennusjärjestysten ohjaamisessa. Myös muiden rakennusvaiheiden työjärjestysten suunnittelu ja töiden yhteensovittaminen helpottuvat toimivien tietomallien ansiosta. [1; 5, s. 5; 11, s. 67.]

Tietomallien avulla on lisäksi helppo saada yleisnäkemyks työmaasta ja sen turvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä. Mallien avulla urakoitsijat ja suunnittelijat voivat yhdessä käydä läpi eri työvaiheita ja tehdä niiden avulla tehtäväkohtaisia suunnitelmia. Työvaihekohtaiset suojaustarpeet on helppo havaita mallien avulla ja tehdä niiden pohjalta kolmiulotteisia turvallisuussuunnitelmia. Esimerkiksi putoamissuojaussuunnitelma on helppo lisätä kohteen tietomalliin. Turvallisuussuunnittelun lisäksi voidaan tietomalleilla

muun muassa havainnollistaa työmaakaluston ja telineiden sijaintia sekä työmaa-alueen muuta käyttöä. [1; 5, s. 5; 11, s. 67.]

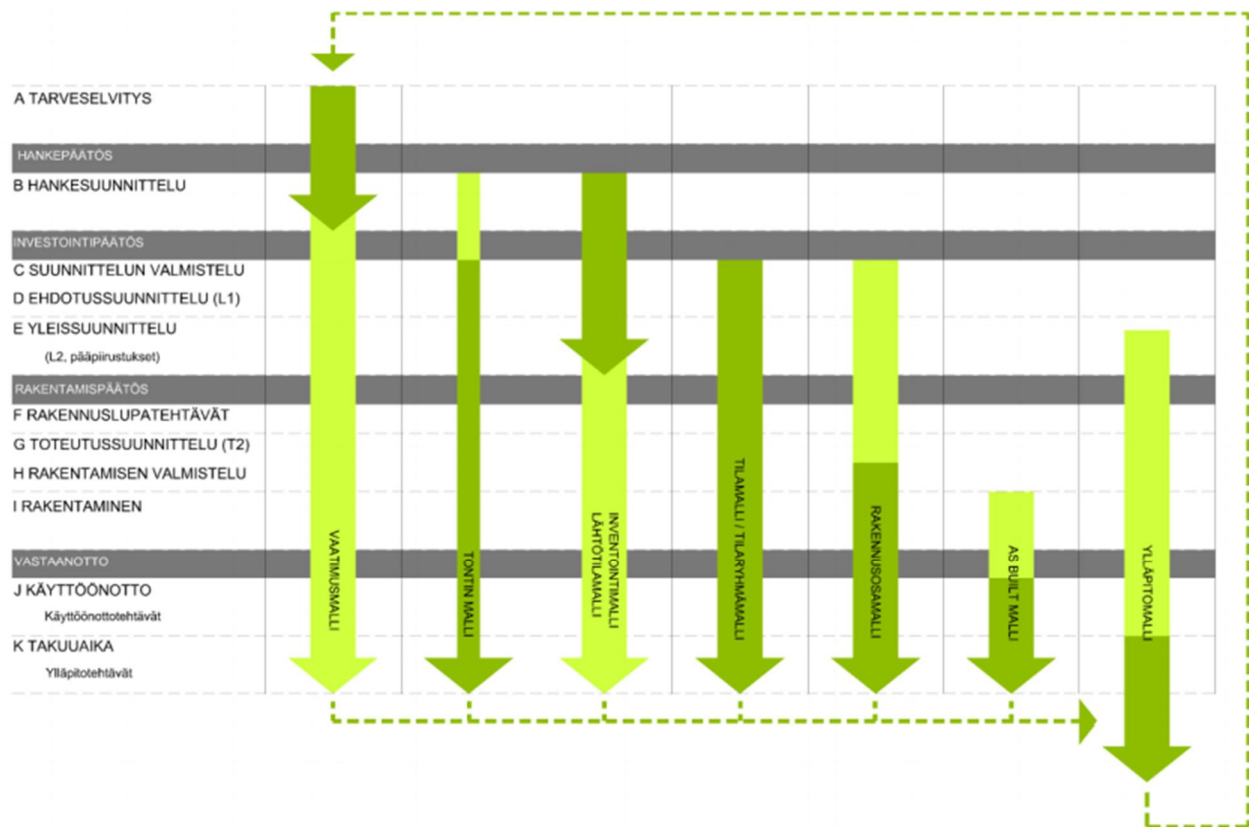


**Kuva 3 Tietomallin pohjalta tehty työmaan aluesuunnitelma [18, kansilehti]**

Tietomalleja voidaan lisäksi käyttää tiedonhaussa tarjousvaiheessa, hankinnoissa ja työmaatoteutuksessa. Työmaatoteutuksessa malleja voidaan hyödyntää määrälaskennan välineenä sekä hankinnoissa että tuotannonsuunnittelussa. Määrälaskenta oikein tehdyn tietomallin avulla nopeuttaa laskentaa ja antaa tarkemman tuloksen verrattuna perinteisten 2D-muodossa olevien paperisten suunnitelmien avulla tehtyihin laskelmiin. Mallipohjainen määrälaskenta ja valmiisiin raporttipohjiin perustuvat määräluettelot poistavat työmaalta päällekkäistä työtä, mikä parantaa rakentamisen tuottavuutta tältä osin. Tietomallien yleistyessä malleja ja niihin pohjautuvia määräluetteloita voidaan käyttää myös alihankintatarjouspyyntöjen aineistona. Alihankintoihin voi lisäksi sisältyä toimittajan mallipohjaista suunnittelua. [5, s. 5, 10.]

### 2.3 Erilaiset tietomallit

Hankkeen eri vaiheissa tarvitaan erityyppisiä tietomalleja. Karkeasti nämä erilaiset mallit voidaan jakaa neljään osaan, joita ovat lähtötieto- ja vaatimusmallit, suunnittelumallit, toteutusmallit sekä ylläpitomallit. Hankkeen aikana käytettävät tietomallit ja niiden tarve hankkeen eri vaiheissa on esitetty kuvassa 4. [11, s. 19.]



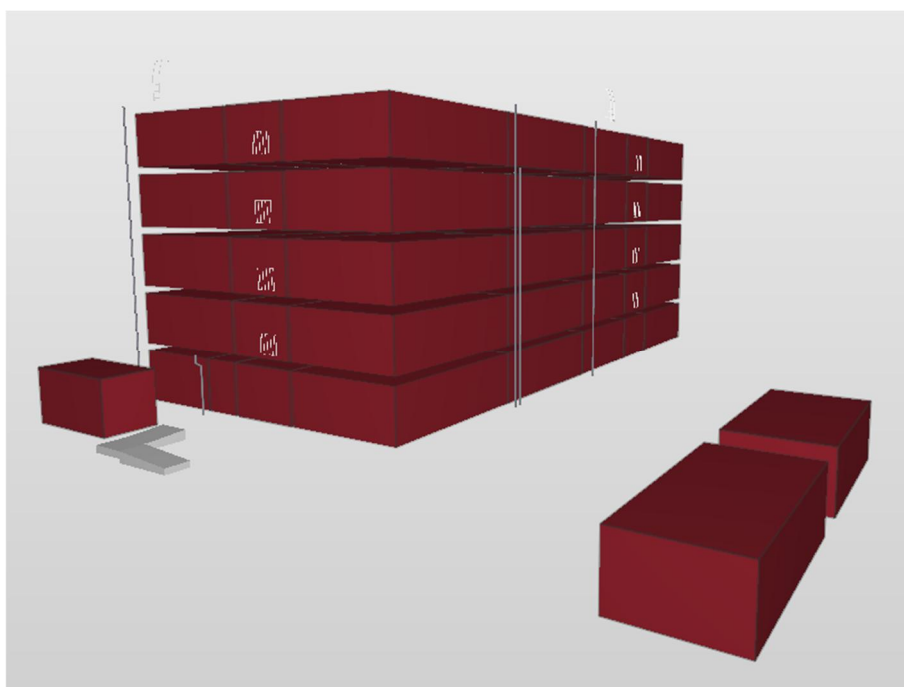
Kuva 4 Erilaiset tietomallit hankkeen eri vaiheissa [13, s. 10]

Vaatusmalli esittää hankkeelle asetettavat vaatimukset sähköisessä muodossa, tilakohtaiset pinta-ala- ja erityisvaatimukset sekä käyttäjän tai tilaajan vaatimukset rakennukselle. Vaatusmallia käytetään suunnittelun ja kustannuslaskennan lähtötietojen pohjana. [11, s. 19.]

Lähtötietomalleihin kuuluvat tontin malli sekä inventointimalli. Uudisrakennuskohteessa tontin malli riittää, mutta korjausrakentamisessa tarvitaan myös inventointimalli. Tontin malli on osa arkkitehdin mallia. Sen tarkoitus on kuvata tarvittavat tiedot rakennettavan kohteen maastosta. Tontin mallissa voidaan kuvata tontin rajapisteiden ja muiden juridisesti ja teknisesti tärkeiden pisteiden sijainnit, esimerkiksi kaivojen ja kaapeleiden paikat. Malliin on suositeltavaa sisällyttää tontin lähellä sijaitsevat rakennukset ja katualueet siltä osin kuin nämä tiedot vaikuttavat rakennusprojektiin. Tiedon hankintaa varten voidaan tontilla lisäksi suorittaa esimerkiksi pohjatutkimuksia, joiden avulla saadaan tontin geotekninen malli. Inventointimalli kuvaa jo olemassa olevan rakennuksen tiedot. Sen pohjana käytetään paikalla tehtävien mittausten, inventointien ja tutkimusten tietoja. Näitä

tietoja täydennetään vanhojen piirustusten ja muiden dokumenttien pohjalta. Inventointimallissa käytettyjen tietojen lähteet on dokumentoitava tietomalliselostukseen. [11, s. 20; 6 s. 7, 12.]

Tilamalli esittää tilat ja niitä rajaavat rakennusosat, esimerkiksi seinien, katon ja lattioiden tiedot, sekä tilan yksilöintitietoja, kuten tilan tunnisteen ja käyttötarkoituksen. Sitä käytetään tilapohjaisen kustannuslaskentaan, suunnitelmien ja tilaohjelman vertailuun, energia-analyysihin sekä kiinteistön ylläpitosovellusten pohjana. [9, s. 9.]



Kuva 5 Esimerkki arkkitehdin tilamallista

Arkkitehdin rakennusosamalli toimii pohjana muiden suunnittelijoiden malleille ja esittää rakennusosat siinä muodossa ja mittakaavassa, missä ne on tarkoitus toteuttaa. [9, s. 9.]

Toteumamalli eli niin kutsuttu As Built -malli esittää rakennuskohteessa toteutuneet rakenteet. Toteumamallissa rakentamisen aikana käytetyt mallit on päivitetty vastaamaan toteutusta. Toteumamallia käytetään rakennuksen ylläpidon aikaiseen tiedonkeruuseen sekä mahdollisten korjausrakentamissuunnitelmien pohjana. [9, s. 9-10.]

Ylläpitomalli on yhdistelmämalli, joka sisältää rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana huoltoon ja ylläpitoon tarvittavat tiedot. Mallista löytyy tiedot rakenteiden sijainnista ja

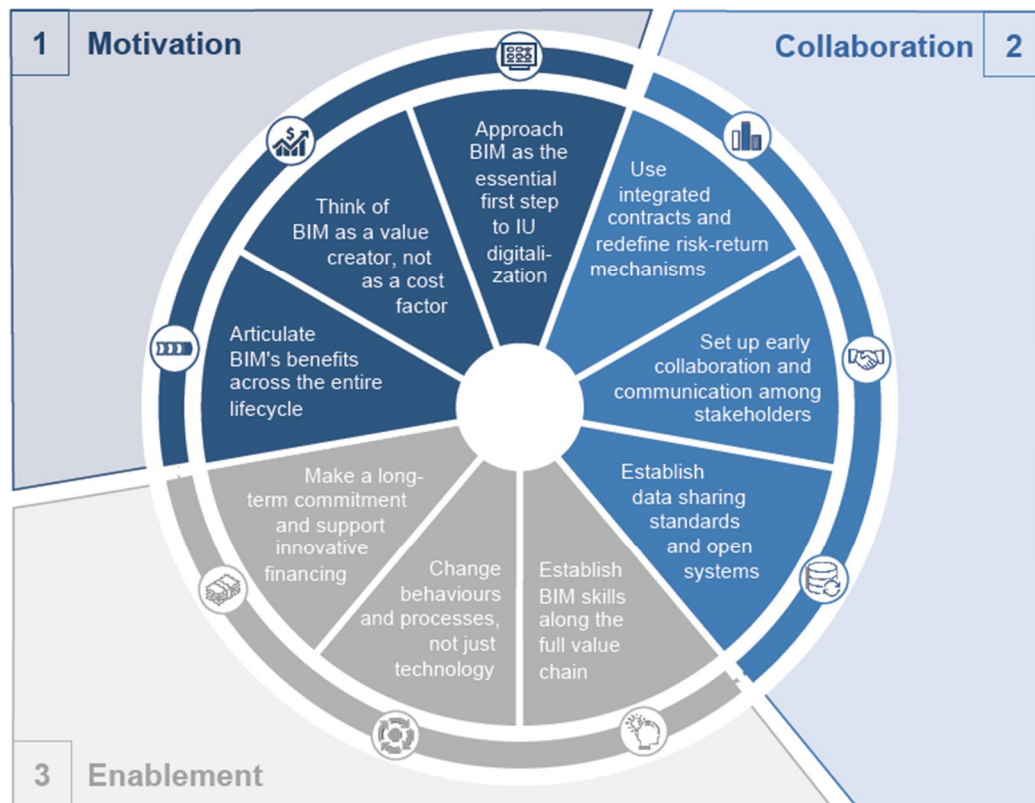
laitteiden sijainneista sekä toiminnasta. Malli koostuu toteumamalleista ja se tulee luoda tietomalliasiantuntijan toimesta. [17, s. 29-30.]

Lisäksi tuotannon aikana käytetään tuotanto- ja työmalleja. Tuotantomalleja käytetään tuotannonohjauksen apuna erilaisten tuotantosuunnitelmien esittämiseen. Tuotantomalli voi sisältää esimerkiksi aikataulumallin ja työmaan aluesuunnitelman. Työmalli kuvaa esimerkiksi suunnitteluratkaisua, tilavarauksia tai havainnollistaa yksittäistä työkohdetta. Työmalleja käytetään suunnittelun ja toteutuksen aikana ja ne tehdään ainoastaan sovitun tarkoitukseen. [9, s. 9; 11 s. 20.]

## 2.4 Miksi tietomallintaminen?

Tietomallintamisella on keskeinen rooli rakennusteollisuuden digitalisoinnissa. Sen avulla voidaan hyödyntää uutta teknologiaa esimerkiksi elementtien ja muiden valmi-osien tuotannossa tai kommunikoida rakennushankkeen eri osapuolien välillä. [14, s.1.]

Uuden teknologian lisäksi tietomallintamista voidaan hyödyntää esimerkiksi apuvälineenä rakennusprojektin kulujen valvonnassa, päätöksenteossa ja suunnitelmien laadunvalvonnassa. Vuonna 2012 Marylandin yliopiston tekemässä tutkimuksessa todettiin, että ominaisuuksiensa ansiosta tietomallintaminen voi lyhentää rakennusprojektin suunnitteluvaihetta sekä pienentää suunnittelun kustannuksia huomattavasti. Samassa tutkimuksessa todettiin, että tietomallintamisen avulla voidaan lyhentää myös rakennusvaiheen kestoa ja pienentää sen kustannuksia. [14, s. 5-6.]



Kuva 6 Kuvassa esitetään avaintekijät tietomallien käyttöönoton omaksumiseen [21, s. 7]

Tietomallien kokonaisvaltainen käyttö hankkeiden tukena ei ole vielä kovin yleistä, vaikka siitä saatavat hyödyt rakennuksen koko elinkaaran ajan voivat olla merkittäviä. Huolimatta tietomallintamisen eduista, sen käytön omaksuminen on etenkin rakennusten ylläpitovaiheen apuvälineenä ollut hidasta. Kuvassa 6 esitetään ajatuksia, joiden avulla tietomallien käyttöönottoa hankkeissa voidaan tukea. Kuten kuvassa 6 todetaan, tulee tietomalleja ajatella niiden aiheuttamien kustannusten sijaan ennen kaikkea koko hankkeen ja rakennuksen elinkaaren aikaisena apuvälineenä, joka pitkällä aikavälillä tuottaa hyötyä ja säästöjä, kun kaikki haluttu tieto rakennuksesta voidaan saada yhdestä paikasta. [14, s. 1, 7.]

### 3 Tietomallipohjainen suunnitteluprosessi

#### 3.1 Suunnitteluprosessin aloitus

Tilaajan tulee ennen projektin aloittamista järjestää kohdekohtainen tietomallintamisen aloituskokous joko rakennuttajan, pääsuunnittelijan tai projektinjohdon johdolla. Paras hyöty tietomallintamisesta saadaan, kun kaikki projektissa mukana olevat osapuolet sitoutuvat projektiin ja toimivat yhdessä. Aloituskokouksessa käydään läpi tietomallien käytön periaatteet. Alla on esitelty aloituskokouksessa läpikäytävät asiat, joiden lisäksi kokouksen pöytäkirjasta tulee ilmetä myös tietomallintamisen lähtökohdat. [11, s. 17.]

- mitä malleja prosessissa tuotetaan ja mihin käyttöön
- tietomallintamisen vastuuhenkilöt, tietomallikoordinaattori sekä muut mahdolliset tukihenkilöt
- projektissa käytettävät ohjelmistot, niiden versiot sekä mallinnusohjeet ja aloitus-pohjat
- suunnittelu-aikataulu ja suunnitelmien päivitystahti
- mallin julkaiseminen sekä päivityskäytännöt
- mallin laadunvarmistuskäytännöt
- mallinnustarkkuus ja toleranssit
- koordinaatisto sekä korkeusasema ja kohdistusobjektien käyttö
- tietomalliselostuksen sisältö ja käyttö. [11, s. 17.]

Suunnittelun aloituskokouksessa sovitaan jokaisen suunnittelualan vastuuhenkilö, joka voi olla kyseisen suunnittelualan tietomalliasiantuntija tai vastuullinen suunnittelija. Vastuuhenkilön tehtävänä on koordinoida oman alansa tietomallinnustehtäviä, ohjeistaa suunnitteluryhmänsä toimintaa sekä toimia oman suunnittelualansa yhteyshenkilönä ja kommunikoida muiden suunnittelijoiden kanssa. Lisäksi vastuuhenkilön tehtäviin kuuluu osallistua tietomallinnuspalaveriin, huolehtia suunnitelmien laadunvarmistuksesta, tietomalliselostusten laadinnasta ja tiedonhallinnasta sekä varmistaa ja tarkistaa oman suunnittelualansa osalta suunnittelumallin yhteensopivuus yhdistelmämalliin. Jokaisen projektissa mukana olevan tahon tulee linjata omat prosessinsa siten, että ne ovat yhte-neviä projektin vaatimusten kanssa. Yhtenevillä prosesseilla vähennetään moninker-taista työtä, parannetaan prosessien tehokkuutta sekä saadaan tietomallien hyödyt par-haiten käyttöön. [4, s.7; 11, s. 17.]

Tietomallipohjaiselle suunnitteluhankkeelle tulee valita myös tietomallikoordinaattori, joka voi olla joko pääsuunnittelija tai joku muu hankejohtajan tai pääsuunnittelijan tehtävään valitsema henkilö. Tietomallikoordinaattori vastaa suunnitteluhankkeen teknisestä hallinnoinnista ja koordinoinnista. Tietomallikoordinaattorin tehtäviin kuuluu tietomallien tekninen yhdistäminen sekä havaitsemiensa virheiden raportointi eri suunnittelijoille. Varsinainen mallien päivittäminen ja suunnitelmien yhteensovittaminen sekä muutostilanteiden valvonta kuuluvat pääsuunnittelijan tehtäviin. [1; 2, s. 10.] Kohdeyhteyksessä pääsuunnittelija toimii myös tietomallikoordinaattorina, ellei projektikohtaisesti toisin sovi.

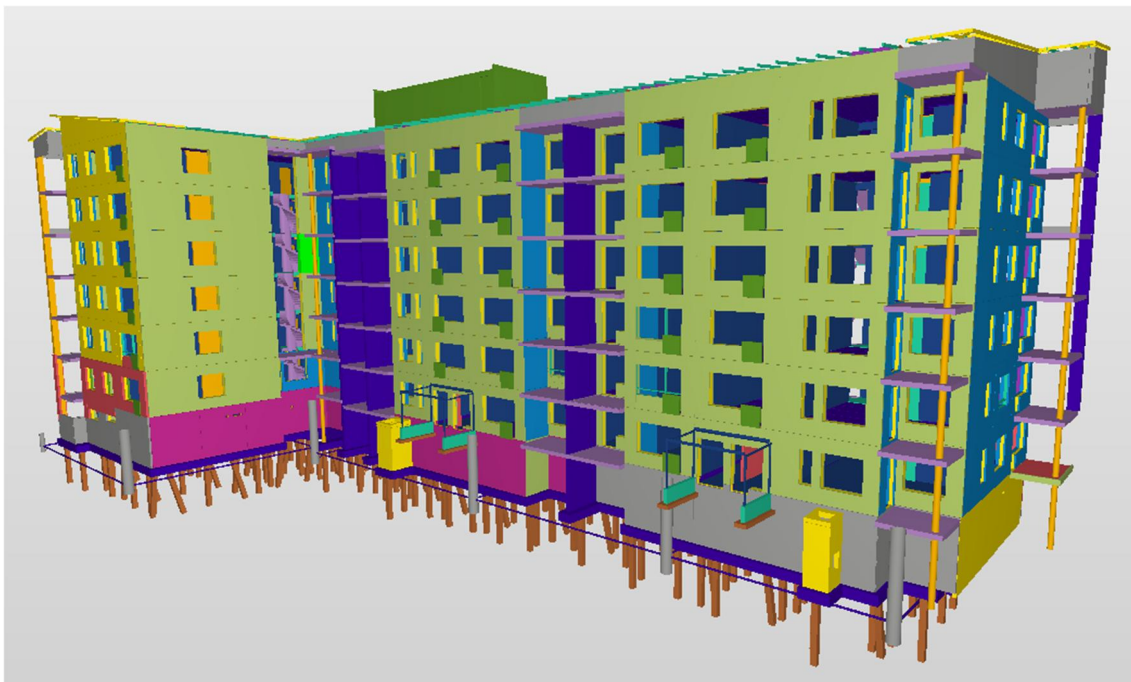
### 3.2 Suunnitteluprosessin eteneminen

Suunnittelu tehdään yhteistyössä eri alojen suunnittelijoiden kesken.

Tietomallipohjaisessa suunnitteluprosessissa arkkitehti on mukana kaikissa suunnittelun vaiheissa. Käytännössä arkkitehdin tekemät tietomallit toimivat pohjana muiden suunnittelijoiden malleille. Lisäksi niitä käytetään moniin analyysihin ja simulointeihin päätöksenteon yhteydessä. Arkkitehtimallin tekninen virheettömyys onkin ensiarvoisen tärkeää tietomallinnettavan projektin onnistumisen kannalta. [13, s. 5.]

Yleisten tietomallivaatimusten mukaisesti rakennesuunnittelija mallintaa kaikki kantavat sekä ei-kantavat betonirakenteet. Lisäksi rakennemalliin on lisättävä sellaiset rakennustuotteet, jotka vievät tilaa ja joiden koolla ja sijainnilla on vaikutusta toisten suunnittelijoiden suunnitelmiin. Rakennemalliin ei ohjeen mukaan lisätä esimerkiksi kalvotyyppejä rakenteita kuten vedeneristeitä. Kuitenkin esimerkiksi palosuojalevyt tulee mallintaa, jotta talotekniikkasuunnittelijat saavat näistä tiedon. Projektin rakennetyypit määritellään tehtäväluettelon mukaisesti ja niistä tulostetaan 2D-muodossa olevat piirustukset. Arkkitehdin tulee käyttää rakennusosamallissaan rakennetyypeistä samoja nimiä kuin rakennesuunnittelija. [3, s. 6.]





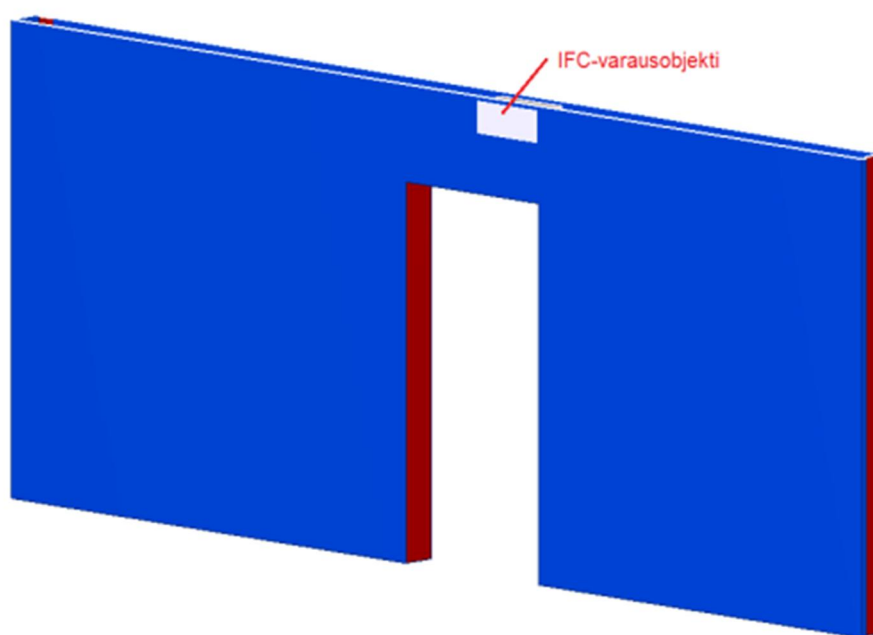
Kuva 7 Esimerkki rakennemallista

Arkkitehti mallintaa kantavien rakenteiden näkyvät pinnat, joten rakenteiden ulkomittojen tulee arkkitehdin mallissa olla oikein suhteessa rakennemalliin. Arkkitehtimallissa ei ole välttämätöntä mallintaa rakenteiden sisäisiä komponentteja. Arkkitehdin rakennusosamallissa tulee esittää rakenneosat rakenneselostuksen mukaisin tyyppitiedoin. [13, s. 7, 24.]

Kaikki rakenteet tulee automaattisen ohjelmakohtaisen numeroinnin lisäksi nimetä ja numeroida hankkeessa sovitulla tavalla, jotta tietomalleja pystytään hyödyntämään esimerkiksi määrälaskennassa. Rakennetyyppien määrittely tehdään rakennesuunnittelijan ja arkkitehdin kesken. Rakennesuunnittelijan tehtäviin kuuluu määrittellä kaikki kantavat rakenteet sekä vaippaan liittyvät rakennetyypit. Hankkeen alussa on sovittava, määrittelee kevyet väliseinät ja muut kevyet rakenteet arkkitehti vai rakennesuunnittelija. Arkkitehti määrittelee ikkunoiden ja ovien rakennetyypit. [3, s. 6-7; 13 s. 7-8.]

Yleissuunnitteluvaiheessa on rakennesuunnittelussa huomioitava myös taloteknisten ja kantavien rakenteiden yhteensovitus. Tietomallipohjainen reikä- ja varaussuunnittelu toteutetaan projektikohtaisesti sovitulla tavalla rakennemalliin yhteistyössä talotekniikkasuunnittelijoiden kanssa. YTV-ohjeistuksen mukaan toimittaessa talotekniikkasuunnittelija lisää rakennesuunnittelijalta saamaansa kerroskohtaiseen malliin IFC-pohjaisen varausmallin, joka sisältää tarvittavat varausobjektit ja josta ilmenee minkä suunnittelualan

suunnitelmasta on kyse. Varaukset tulee mallintaa varausmalliin siten, että niiden koko ja sijainti ovat oikein. Talotekniikkasuunnittelijoilta saamiensa tietojen pohjalta tekee rakennesuunnittelija omaan malliinsa reikävaraukset huomioiden rakenteiden kantavuuden. Elementtien kokonaan lävistävät varaukset tulee toimittaa reikävarausobjekteina, mutta tietomallipohjaista reikävaraus suunnittelua ei vaadita elementtien varauspiirustuksia tehtäessä esimerkiksi elementissä kulkevien sähkötekniikan putkitusten tai rasioiden kolousten osalta. [3, s. 9, 15-16.]



Kuva 8 Talotekniikkasuunnittelijan reikävaraus rakennesuunnittelijan mallissa [3, s.15]

Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa talotekniikkasuunnitelmat tehdään siten, että niistä saadaan rakenne- ja arkkitehtimalleja varten tarvittavat tiedot. Toteutussuunnitelmavaiheessa talotekniikkasuunnittelijat tekevät koko rakennuksen kattavan järjestelmämallin. Kukaan pääjärjestelmä tulee mallintaa omaksi mallikseen ja järjestelmät tulee mallintaa toimivina järjestelminä niin, että niistä löytyy kaikki toiminnan kannalta välttämättömät komponentit. Suunnittelijoiden on tietomalliselostuksessa lueteltava ne komponentit, joita ei ole mallinnettu kuten lämmönjakokeskuksen varusteet ja lämmityspattereiden sekoitusryhmät. Laitteet on nimettävä malleihin tilaajan antamien ohjeiden mukaan. [20, s. 7-8, 11, 21.]

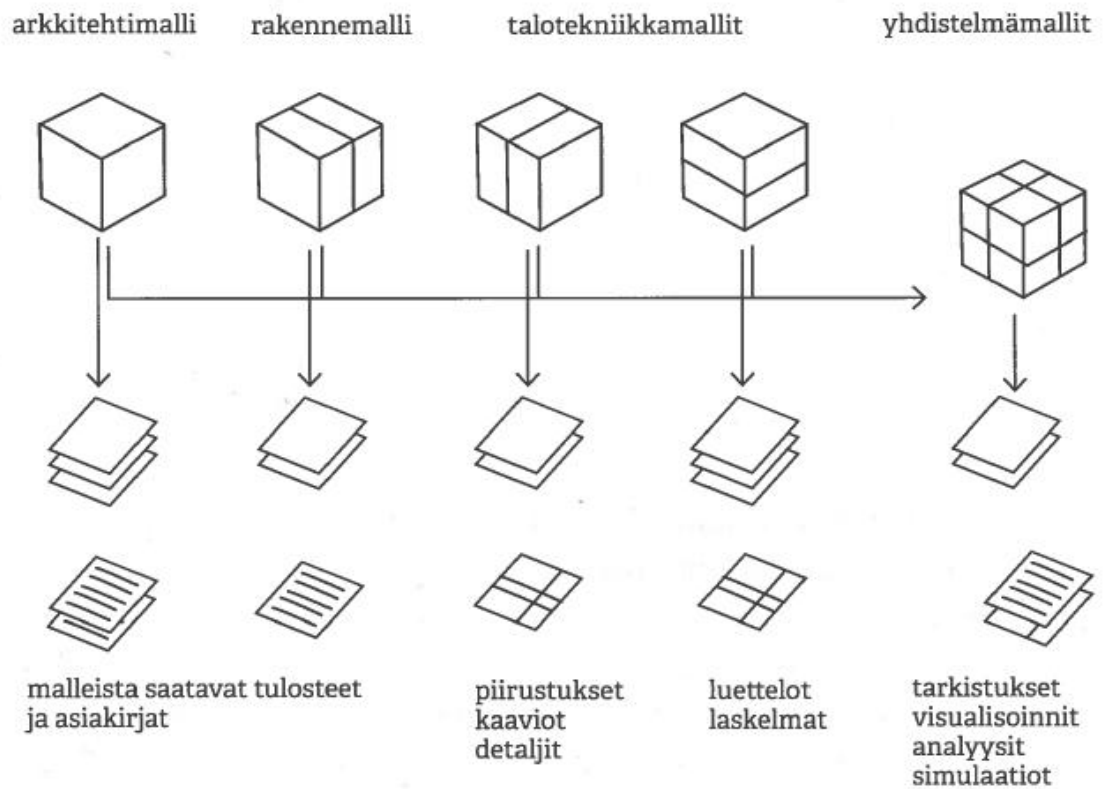
Jokaisen suunnittelijan on tehtävä omasta tietomallistaan tietomalliselostus, jossa kuvataan mallin sisältö ja siinä käytetyt mallinnustavat. Tietomalliselosteesta on käytävä ilmi yleisistä vaatimuksista tai mallinnustavoista poikkeavat mallinnustavat, mallin käyttötarkoitus ja sen tarkkuusaste. Tietomalliselosteen avulla projektin muut osapuolet näkevät kyseisen mallin valmiusasteen, järjestelmien ja rakennusosin nimeämiskäytännöt sekä mallin rakenteen. Tietomalliselostus on päivitettävä aina, kun työ- tai tietomalli julkaistaan toisille osapuolille. YTV2012-ohjeistuksen mukaan kaikki malliin tehdyt muutokset tulee dokumentoida siten, että eri osapuolet löytävät ne. Mallin tarkastuspisteissä puutteellisesta tai virheellisestä muutosten dokumentoinnista johtuvista seurauksista vastaa virheen tekijä. [2, s. 9-10.]

### 3.3 Tiedonsiirto ja tietomallien yhdistäminen

Suunnitteluprosessin aikana jokainen suunnittelija tekee omasta suunnittelualastaan tietomallin. Suunnittelijoilla on alasta riippuen käytössään omaan alaansa soveltuvat suunnitteluohjelmistonsa. Käytettyjä suunnitteluohjelmistoja ovat esimerkiksi arkkitehtisuunnitteluun käytettävä ArchiCAD, talotekniikka- ja rakennesuunnitteluun käytettävä Revit, talotekniikkaan erikoistunut MagiCAD, rakennesuunnitteluun käytettävä Tekla Structures sekä CADs, jota käytetään arkkitehti-, rakenne- ja talotekniikkasuunnitteluun. [16.]

Mallien siirtäminen toisten suunnittelualojen käyttöön edellyttää käytettäväksi sellaisia tiedonsiirtotapoja, jotka ovat alkuperäisestä suunnitteluohjelmasta riippumattomia ja jotka ovat luettavissa muilla suunnitteluohjelmilla sekä malleja hyödyntävillä ohjelmasovelluksilla. Näin ollen suunnittelijoiden tekemät mallit muutetaan IFC-tiedostomuotoon, jonka jälkeen eri suunnittelualojen mallit yhdistetään. Tietomallia, joka sisältää useamman suunnittelualan malleja, kutsutaan yhdistelmämalliksi. [11, s. 37.]

## SUUNNITTELIJOIDEN TIETOMALLIT



Kuva 9 Eri suunnittelualojen mallit yhdistetään yhdistelmämalliksi. [11, s. 21]

IFC-standardin mukaisella tiedonsiirrolla tarkoitetaan ohjelmista riippumatonta tiedonsiirtoformaattia, jonka avulla pystytään siirtämään tietomallista 3D-muodossa olevan geometriatiedon lisäksi mallin objektien sijainnit, mitat, objektien väliset suhteet sekä objektien ominaisuudet. IFC-standardin lisäksi on käytössä myös IFD-standardi. IFD on kielestä riippumaton standardi, joka määrittelee sanaston ja metatiedot, joiden avulla IFC-tiedonsiirrossa voidaan yhdistää toisiinsa samaa tarkoittavat tiedot riippumatta käytetystä mallinnusohjelmistosta ja kielestä. IFD kuvaa objektin ominaisuudet, yksiköt ja arvot huomioiden esimerkiksi synonyymit ja määitykset. Tätä standardia noudattamalla voidaan eri lähteistä olevat tiedot yhdistää, niin etteivät tietojen merkitykset muutu. [9, s. 13-14.]

### 3.4 Suunnittelunohjaus ja suunnitteluprojektin johtaminen

Suunnitteluprosessin etenemiseen ja laatuun vaikutetaan suunnitteluprojektin johtamisella, joka jaetaan yleensä kolmeen osaan. Näitä ovat suunnittelu, toimeenpano ja valvonta. Onnistuakseen tietomallipohjainen projektin johtaminen ja koordinointi edellyttävät projektin tietomallintamistehtävien sekä mallintamismenettelyjen tarkkaa ennakkosuunnittelua. Mallinnettavien hankkeiden onnistumisessa sopimusjohtaminen on tärkeässä roolissa. Sopimusjohtamisella tarkoitetaan projektinjohdon vaikuttamista hankkeen organisointiin sekä johtamiseen. Suunnitellut tehtävät pannaan toimeen ja organisoidaan tehtyjen suunnitelmien pohjalta. Suunniteltujen tehtävien suoritusta valvotaan ja seurataan jatkuvasti projektin aikana sekä ennalta määrätyissä tarkastuspisteissä. [4, s. 5.]



Kuva 10 Tietomallipohjaisen projektin johtamisen vaiheet [4, s. 5]

Hankkeen alussa tilaajan on asetettava tavoitteet tietomallintamisen hyödyntämiselle kyseisessä projektissa. Kun tietomallintamisen sisältö suunnitellaan etukäteen, suunnittelun osapuolet saavat sovittua projektin tietomallintamiseen liittyvät tavoitteet ja mallien käyttötarkoitukset sekä ymmärtävät tietomallinnukseen tarvittavat resurssit, tehtävät ja vastuut. Lisäksi projektitiimi pystyy suunnittelemaan tietomallintamisprosessin siten, että se edesauttaa asetettujen tavoitteiden saavuttamista. Suunnittelun avulla voidaan etukäteen käsitellä projektin aikana vastaan tulevat suunnittelun rajapinnat, tiedonsiirto- ja

tiedonhallintatarpeet. Tarkka suunnittelu kuvaa myös projektiin myöhemmin liittyville osapuolille yksiselitteisesti projektin menettelytavat. Suunnittelun avulla myös asetettujen tavoitteiden seuraaminen projektin aikana helpottuu. [4, s. 6.]

Suunnitteluprosessin käynnistämisen yhteydessä huolehditaan, että kaikki osapuolet tietävät hankkeen tietomallinnustavoitteet, tietomallien käyttötarkoitukset ja mallinnuksen laajuuden. Lisäksi osapuolten on saatava tietoonsa projektin aikataulu, tiedonvaihto- ja laadunvarmistusmenettelyt sekä projektikohtaiset raportointi- ja dokumentointivaatimukset. Suunnittelun ohjauksen tavoitteena on varmistaa projektiin osallistuvien suunnittelijoiden välinen yhteistyö, seurata tehtävien toimeenpanoa sekä toteuttaa tilaajan haluat laadunvarmistustoimenpiteet ja tehdä tarvittaessa muutoksia tietomallinnussuunnitelmaan. Projektin eri vaiheissa tulee varmistaa, että kaikilla suunnitteluosapuolilla on tieto omista vastuualueistaan. [4, s. 5.]

Suunnittelun ohjauksen tehtävänä on hankkeen suunnittelutavoitteiden tarkastaminen, suunnittelutavoitteiden vertaaminen vaatimusmalleihin sekä suunnitelmien tavoitteenmukaisuuden valvonta kaikissa suunnittelun vaiheissa. Rakentamisen valmisteluvaiheessa tulee lisäksi varmistaa, että toteutettuja suunnitelmia on mahdollista hyödyntää toteutuksessa. Sopimuksista tulee myös selvittää vaatimukset mallien käytölle rakentamisen aikana sekä menettely rakennusaikaisten muutosten viemiseksi toteumamalleihin. [4, s. 15.]

Koska YTV-ohjeistus antaa vain yleiset ohjeet ja vaatimukset tietomalleille, on tilaajan selkeästi omissa suunnittelusopimuksissaan projektikohtaisesti ilmaistava YTV-ohjeistuksesta poikkeavat vaatimukset ja tarkennettava tietomallien sisältö siten, että se vastaa haluttua lopputulosta. [16.]

### 3.5 Tietomallien laadunvarmistus

Tietomallien luotettava käyttö hankinnoissa ja tuotannossa edellyttää sitä, että mallit on tehty teknisesti oikein ja tarkastettu suunnittelijoiden toimesta sekä sovitettu yhteen muiden alojen suunnitelmien kanssa. Tämän vuoksi jo projektin alussa on määriteltävä selkeästi mallinnukselle asetetut tavoitteet, laajuus, tarkkuus sekä tietosisältö. [1.]

Suunnitelmien laadunvarmistuksen lähtökohtana onkin havaita suunnitelmien mahdolliset puutteet ja virheet ja korjata ne jo suunnitteluprosessin aikana.

Tietomallipohjaisissa hankkeissa eri alojen suunnittelijoiden osamallit yhdistetään yhdeksi yhdistelmämalliksi ennalta sovitussa tarkastuspisteissä. Yhdistelmämallin perusteella tehdään eri alojen suunnitelmien törmäys-, päällekkäisyys- sekä ristiintarkastelut. Säännöllisten oikein tehtyjen tarkastusten tavoitteena on löytää tietomallien virheet ja puutteet suunnittelun edetessä. Tarkastuspisteet on hyvä sovittaa rakennushankkeen päätöksenteon ja tärkeiden hankintojen yhteyteen. [1.]

Taulukossa 1 on esitetty suunnitteluprojektin eri osapuolille suositellut säännölliset tietomallin laadunvarmistuspisteet.

**Taulukko 1 Suunnittelun periaatteelliset laadunvalvontapisteet hankkeen eri osapuolille [8, s. 8]**

	Säännöllisesti	Suunnittelukokouksiin	Tarkastuspisteet
Suunnittelija (oma tarkastus)	x	x	x
Suunnittelijaryhmän laadunvarmistus		x	x
Tilaaajan laadunvarmistus			x

Suunnittelijan tehtävänä tarkastuspisteissä on saattaa omien suunnitelmiensa laatu vastaamaan suunnittelualakohtaisia vaatimuksia. Yleisen ohjeistuksen mukaan tarkastuspisteissä edetään siten, että suunnittelija tarkastaa ensin tekemänsä mallin omilla välineillään ja tämän jälkeen korjaa mahdolliset ongelmat alkuperäismalliin. Tässä vaiheessa tulee varmistaa, että malli sisältää vaaditut komponentit ja toisaalta ettei mallissa ole ylimääräisiä kyseiseen vaiheeseen kuulumattomia komponentteja. Suunnittelijoiden omien tarkastusten jälkeen alkuperäismalleista tehdään IFC-malli, joka tarkastetaan projektissa sovitulla tavalla. IFC-mallin tarkastuksesta laaditaan raportti, joka tallennetaan yhdessä tarkastetun mallin kanssa yhdessä sovittuun paikkaan, esimerkiksi projektipankkiin. Lisäksi mallista tehdään tietomalliselostus, jossa kuvataan tarkastuksessa havaitut asiat ja esimerkiksi valmiusasteeseen liittyvät tiedot. Mikäli jokainen suunnittelija toimii projektin aikana edellä mainitulla tavalla, voidaan mahdollisesti välttää IFC-mallille tehtäviä tarkastuskierroksia. [8, s. 8-9.]

Jokainen suunnittelija tarkastaa omien suunnitelmiensa sisällön ja kirjaa tulokset tietomallin tarkastuslomakkeeseen. Jokaiselle suunnittelualalle on YTV-ohjeissa annettu oma mallinsa, jonka mukaan tarkastus tulee tehdä. Kuvassa 11 esitetään rakennesuunnittelijan käyttämä tarkastuslomake.

Paikka:	
Aika:	
Tarkastaja:	
Kohde:	
Versio:	
Version päiväys:	

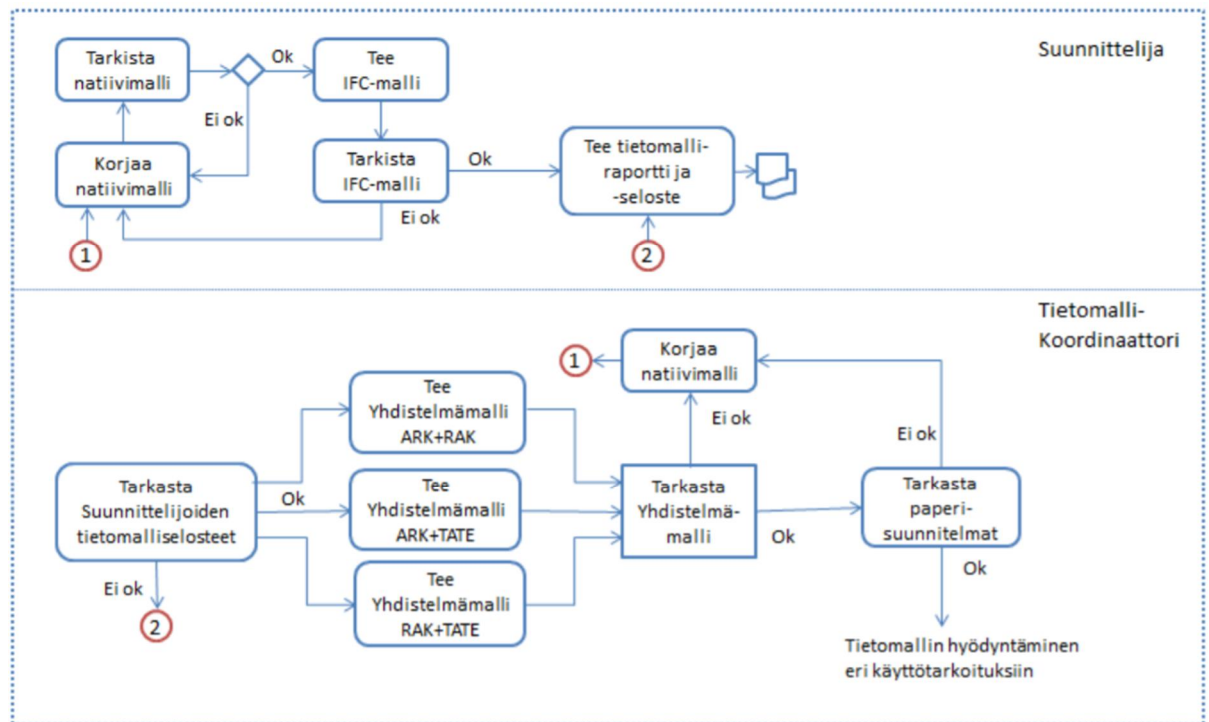
	Kunnossa	Puutteita	Ei relevantti	Kommentit
<b>Rakennemallin tarkastuslomake</b>				
Tietomalliselostus				
Mallit sovittuina tiedostoformaateina (IFC ja muut sovitut tiedostot)				
Koordinaatisto on sovitun mukainen				
Mallia kohden on (pääsääntöisesti) yksi rakennus				
Kerrokset on määritetty				
Rakennusosat on määritelty kerroksittain				
Rakennusosat on numeroitu yksilöllisesti				
Sovitut/vaatimusten mukaiset rakennusosat on mallinnettu (Osa 5 - liite1)				
Rakennusosat on mallinnettu oikeilla työkaluilla				
Rakenteet on nimetty sovitulla tavalla				
Mallissa ei ole ylimääräisiä rakennusosia				
Mallissa ei ole sisäkkäisiä tai tuplarakennusosia				
Mallissa ei ole merkittäviä rakennusosien välisiä leikkauksia				
Rakenne- ja arkkitehtimallin rakenteet vastaavat toisiaan				
Rakenne- ja arkkitehtimallin aukot ovat vastaavilla kohdilla				
Rakenteet ovat tuettuja				
Kantaviin rakenteisiin on siirretty TATE-suunnittelijoiden varaukset				

Allekirjoitus:

Kuva 11 Rakennemallin YTV2012-ohjeistuksen mukainen tarkastuslomake [3, liite 3]



Kuvassa 12 on esitetty tarkastusprosessin eteneminen suunnittelijan ja tietomallikoordinaattorin toimesta.



Kuva 12 Suunnittelijan ja tietomallikoordinaattorin tehtävät tarkastuspisteissä [9, s. 19]

Suunnitteluryhmän yhdessä tekemä laadunvarmistus keskittyy sovittamaan suunnittelijoiden tarkastamat tietomallit yhteen ja raportoimaan muutoksia vaativat kohdat. Ryhmän tehtävä on etsiä ratkaisu mahdollisiin ongelmakohtiin, jotka jokainen suunnittelija korjaa omasta mallistaan. [8, s. 9.]

IFC-muodossa olevien tietomallien ja niiden sisällön tarkastelu voidaan jakaa kolmeen osaan, joita ovat teknisen tietomallisisällön, tietomallin tietosisällön sekä suunnitelmien sisällön ja laadun arviointi. Teknistä tietomallisisältöä arvioitaessa tutkitaan, onko tietomalli muodostettu oikein alkuperäisestä suunnitteluohjelmasta. Tietomallin tietosisältöä tutkittaessa tarkistetaan, sisältääkö malli kyseessä olevaan vaiheeseen kuuluvat tiedot eri suunnittelualoilta. Suunnitelmien sisältöä ja laatua arvioitaessa taas verrataan tietomallin komponentteja toisiinsa, esimerkiksi törmäystarkasteluilla sekä tutkimalla suunnitelmien yhdenmukaisuutta tai vertaamalla mallin sisältöä tiedossa oleviin vaatimuksiin, esimerkiksi tilojen suhteen. [8, s. 3.]

Yksi merkittävistä laadunvarmistukseen liittyvistä vaiheista on niin kutsuttu törmäystarkastelu, jolla halutaan tutkia tietomallissa olevia rakenteiden päällekkäisyyksiä. Törmäystarkastelu on viisainta tehdä yhdistelmämallille, josta löytyy kaikkien suunnittelualojen mallit. Törmäystarkastelut voidaan suorittaa tutkimalla mallia visuaalisesti pyrkimällä havaitsemaan itse mahdolliset rakenteiden päällekkäisyydet suunnitelmissa. Nämä voidaan suorittaa myös tätä varten kehitetyillä ohjelmilla, jotka suorittavat törmäystarkastelut annettujen reunaehtojen perusteella. Kun mallissa olevat päällekkäisyydet havaitaan jo suunnitteluvaiheessa, niihin pystytään reagoimaan muuttamalla rakenteiden paikkoja ja kokoja toisiinsa nähden sopiviksi. Törmäystarkasteluja tulee tehdä säännöllisesti suunnitteluprosessin edetessä, jotta rakenteiden päällekkäisyyksiä ei jää valmiisiin tuotannossa käytettäviin suunnitelmiin. Tyypillisiä törmäystarkasteluissa löytyviä virheitä ovat esimerkiksi erilaisten talotekniikan järjestelmien päällekkäisyydet sekä talotekniikan reikävarausten väärät paikat tai niiden puuttuminen suunnitelmista. Näiden lisäksi törmäystarkasteluilla voidaan havaita esimerkiksi seinäelementtien ja lattioiden päällekkäisyydet tai alakattojen yhteensopimattomuus talotekniikan kanssa. [15, s. 35.]

Suunnittelunohjauksella on merkittävä rooli tietomallien laadunvarmistuksessa. Suunnittelunohjauksesta vastaavalla henkilöllä on oltava osaamista siinä määrin, että hän ymmärtää tietomallien toiminnan ja osaa tunnistaa saamistaan tietomalleista niissä olevat virheet. Suunnitelmien tilaajan on vielä suunnitelmat saadessaan varmistettava, että tietomalleissa on kaikki tarvittava tieto ja ne ovat käyttökelpoisia. Tietomallien tilaajan on hyvä käydä saamansa suunnitelmat järjestelmällisesti läpi, esimerkiksi käyttämällä apuna samantyyllisiä tarkastuslomakkeita, joita suunnittelijat käyttävät oman suunnittelunsa tukena (kuva 11). Kun mallit käydään tässä vaiheessa läpi, huomataan virheet ennen mallien päätymistä hankinnan ja tuotannon käyttöön. Kun suunnittelunohjauksesta vastaavat henkilöt tiedostavat tietomallien yleisimmät virheet, on nämä virheet helpompi havaita jo suunnitteluprosessin aikana.

## 4 Tutkimuskysymys

### 4.1 Tutkimuksen taustaa

Kohdeyritys on sitoutunut toimimaan hankkeissaan tietomallipohjaisesti. Tietomallit ovat yksi strateginen kulmakivi yrityksen rakennusprosessin digitalisoinnissa. Nykyään lähes jokaisessa hankkeessa käytetään mallipohjaisia suunnittelutyökaluja. Omaperusteisissa hankkeissa hankitaan suunnittelu aina tietomallipohjaisena. Tietomallien perustana käytetään YTV2012-ohjeistusta, jonka lisäksi kohdeyrityksellä on omia vaatimuksia tilattaville tietomalleille. Mallipohjaista tietoa hyödynnetään kustannuslaskennassa, työmailla tehdään aluesuunnitelmia tietomallien pohjalta ja hankintaosasto käyttää malleista löytyvää määrätietoa tarjouspyynnöissä. Nämä esimerkit vaativat tietomalleilta tietynlaista tietosisältöä ja sitä, että toimenpidettä varten tarvittava tietosisältö on oikeaa. [12.]

Tietomallipohjainen prosessi muuttaa suunnittelunohjauksen, suunnittelun ja suunnitelmien hyödyntämisen totuttuja toimintatapoja. Tietomallipohjaisen suunnittelun toimivuuden kolme avaintekijää ovat mallien tietosisältö, mallien yhteensovitus sekä virheettömien mallien valmistuminen haluttuna ajankohtana. Insinööriyön taustalla on tarve kehittää tietomallipohjaisten suunnitelmien tarkastusprosessia siten, että tietomallien tarkastus saadaan aikataulutettua suunnitteluprosessiin ja tarkastettuja suunnitelmia pystytään luotettavasti hyödyntämään projekteissa tuotannon ja hankintojen alkaessa.



Kuva 13 Tietomalliprojektin onnistumisen avaintekijät

Tietomallin tuotantoon kelpoisuuden toteaminen koneluettavan datan avulla tarkoittaa sitä, että tietomallien sisältö saadaan tarkastettua mallien tarkastukseen käytettävän ohjelmiston avulla. Työn tarkoituksena on luoda työkalu, joka tarkastaa kymmenen kriittisintä haastatteluiden avulla löydettyä tietomalleissa esiintyvää virhettä tai puutetta. Kun tietomallien yleisimmät kriittiset virheet tunnetaan ja niiden tarkastus tehdään työkalun

avulla, saadaan tietomallien tarkastus aikataulutettua myös suunnitteluprosessiin. Tarkastamalla ja korjaamalla tietomallien puutteet jo suunnitteluprosessin aikana parannetaan toteutuskelpoisten tietomallien käyttöönottoa ennen hankinnan ja tuotannon alkamista.

#### 4.2 Haasteet tietomallien käytössä

Suunnittelun näkökulmasta mahdollisia ongelmia tietomallintamiseen luo se, että Suomessa ei ole määriteltä standardia rakennushankkeen tietomallintamisen toteuttamiseksi. Tästä syystä hankkeen eri osapuolilla saattaa olla erilaiset käsitykset siitä, kuinka hankkeen tietomallinnus tulisi toteuttaa. Lisäksi riski suunnitteluprosessille on tietomallintamisen toteuttaminen ilman ohjeistusta ja koordinoitua. Tämä voi johtaa tietoteknisiin ongelmiin sekä suunnitelmien myöhästymiseen. [10.]

Epäselvät nimeämistyyppit aiheuttavatkin sekaannuksia ja hankaloittavat määrätietojen keräämistä mallista. Lisäksi esimerkiksi pintamateriaalien määritykset jäävät usein tekemättä tietomalleihin. Sovittujen nimeämistapojen puuttuminen aiheuttaa sen, että määräluetteloa ei saada luotua mallin avulla tai luettelon tekeminen aiheuttaa ylimääräistä työtä, kun ennen määräluetteloiden saamista on tarkastettava, miten tutkittava rakenne on nimetty malliin. Mikäli projektissa halutaan noudattaa tiettyjä nimeämistapoja, on nämä tuotava esille suunnittelusopimuksissa jo ennen suunnittelun aloittamista. [16.]

Työtä varten tehdyissä haastatteluissa ilmeni, että suunnittelijat eivät välttämättä itse tee tarvittavia tarkastuksia tietomalleille, jolloin sisällön tarkastaminen jää mallien tilaajan vastuulle. Haastatteluissa kävi ilmi, että useammassa kohteessa esimerkiksi mallien yhteensovitus on jäänyt kesken. Lisäksi haastatteluissa kävi ilmi, että tietomallia ei aina päivitetä, kun suunnitelmiin tehdään työnaikaisia muutoksia, jolloin viimeisin tieto ei löydy tietomallista. Tuotannon puolella koettiin, että rakennuttajaorganisaation tulisi kiinnittää enemmän huomiota mallien oikeellisuuteen. Suunnittelusopimuksiin tulisikin saada selkeästi kohta, että pääsuunnittelijan tai tietomallikoordinaattorin on tarkastettava tietomallien sisältö ja että suunnitelmien muuttuessa päivitykset on tehtävä myös tietomalleihin. [16.]

Yleisesti tietomallit ovat työmailla vielä varsin vieraita. Haastatteluissa nousi lisäksi esille, että kaikilla työmailla työskentelevillä henkilöillä ei ole kokemusta, eikä osaamista tietomallien käytöstä. Malleja tulisi käyttää enemmän, jotta osaaminen kehittyisi, mutta käytön aloittaminen koetaan hankalaksi, koska niiden käytön opetteluun ei koeta olevan riittävästi aikaa. Myös valvojien osaaminen tietomallien käytössä koettiin puutteelliseksi. Valvojilla ei koeta olevan osaamista tietomallien käyttöön niin, että he osaisivat verrata, vastaako toteutus tietomallissa olevaa suunnitelmaa. Haastattelututkimuksessa ilmeni myös, että tietomallien sisältö koetaan usein epäluotettavaksi. [16.]

Näiden ongelmien minimoimiseksi on suunnittelunohjauksesta ja suunnitelmien tilaamisesta vastaavalla henkilöllä oltava riittävä osaaminen tietomallien suhteen, jotta hän osaa vaatia tietomallin ja sen sisällön siinä muodossa, missä se halutaan sekä tarkastaa sieltä löytyvät virheet ja raportoida niistä suunnittelijoita. Yleisimpien virheiden tiedostaminen helpottaa niiden löytämistä tietomallista. Ottamalla tietomallien tarkastus osaksi suunnittelunohjauksen rutiinitoimenpiteitä, saadaan niissä oleva tieto monipuolisemmin hyödynnettyä läpi rakennusprojektin. Tärkeää olisi kiinnittää huomiota myös tuotannon ja suunnittelunohjauksen väliseen kommunikaatioon läpi projektin, jotta tietomallien hyödyt saadaan kaikkien projektin osapuolien käyttöön.

#### 4.3 Yleisimmät tietomalleissa todetut puutteet ja virheet

Tietomallien yleisimmät virheet ja puutteet selvitettiin työtä varten haastatteleamalla kohdeyrityksen asuntotuotannon henkilöstöä. Virheitä kerättiin yhteensä kahdeksasta kohteesta, joista osa oli yksittäisiä kerrostaloja ja osa laajempia korttelityyppisiä tai useamman asunto-osakeyhtiön kohteita. Kaikki kohteet sijaitsevat pääkaupunkiseudulla ja osa niistä oli tutkimuksen aikana rakenteilla ja osa valmistunut. Haastatellut henkilöt toimivat kohteissa rakennuttajapäällikköinä, työnjohtajina, vastaavina työnjohtajina, työpäällikköinä tai tuotantoinsinööreinä. Virheet kerättiin eri vaiheista projekteja, joten osa tutkimuksessa mainituista virheistä on esiintynyt malleissa suunnittelun aikana, osa tuotannon aikana ja osa läpi projektin. Kaikissa kohteissa on suunnittelu tilattu yrityksen ulkopuolelta, mutta suunnittelunohjaus on ollut kohdeyrityksen vastuulla.

Kaikki tutkimuksessa selvinneet virheet on listattu taulukkoon 2. Erilaiset virheet on taulukossa jaettu virhetyyppeihin, joita haastatteluissa ilmeni yhteensä 20 erilaista. Virheitä käsitellään jatkossa näiden virhetyyppien avulla. Taulukossa esitetään, miten kyseinen

virhetyyppi on esiintynyt malleissa ja minkälaisia ongelmia kyseinen virhe on aiheuttanut työn aikana. Taulukon kolmannessa sarakkeessa esitetään, kuinka monessa haastattelun valitussa kohteessa kyseinen virhetyyppi esiintyy suhteessa valittujen kohteiden lukumäärään. Virhetyyppien esiintyminen tietomallissa ja sen vaikutukset-sarakkeen tiedot on kerätty suoraan haastattelutuloksista.

**Taulukko 2 Tietomalleissa esiintyneet virheet**

<b>Virhetyyppi</b>	<b>Virhetyypin esiintyminen mallissa ja sen vaikutukset</b>	<b>Virheen yleisyys</b>
Reikävaraustiedot puutteellisia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ongelmat mallin yhteensovituksessa</li> <li>- anturoissa ei lainkaan reikävarauksia</li> <li>- reikävarauksia puuttuu, ne ovat väärän-kokoisia tai väärissä kohdissa</li> <li>- rakennemallista puuttuu kaikki reikä-varaukset</li> <li>- ovet liian suuria suhteessa reikävarauksiin</li> <li>- seinistä ja sokkeleista puuttuu reikä-varaukset</li> <li>- talotekniikan putket menevät esimerkiksi palkkien läpi</li> </ul>	6/8
Pistorasioiden väärä sijainti	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pistorasioiden väärä korko suhteessa toisiin pistorasioihin</li> <li>- pistorasiat muiden osien tai laitteiden takana</li> <li>- liian pienet turvaetäisyydet suihkun ja pistorasioiden välissä</li> </ul>	4/8
Puutteelliset mittatiedot	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ongelmia mallien yhteensovittamisessa</li> <li>- mallista ei saada otettua mittoja työmaan käyttöön rakentamisen aikana</li> </ul>	1/8
Palotekniset ratkaisut puutteellisia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kaikki paloaluerajat eivät ole oikein mallissa</li> </ul>	1/8
Kaikkia rakenneosia ei ole mallinnettu lattioiden/paikallavalettavan holvin sisään	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aiheuttaa lattioiden välisiä korko-ongelmia</li> <li>- rakenneosien yhteensovitusongelmat lattioiden/paikallavalettavan holvin sisällä, esimerkiksi lattialämmityksen sijoittaminen lattian sisään</li> </ul>	2/8
Talotekniikan törmäykset toisiin talotekniikan rakenneosiin	<ul style="list-style-type: none"> <li>- patteriputket ja valaisimet ovat päällekkäin</li> <li>- ilmanvaihtoputket ja lämpölinjat päällekkäin</li> <li>- alapohjassa sähköarinat ja viemärit päällekkäin</li> </ul>	3/8
Alakattokorot mallinnettu liian ylös	<ul style="list-style-type: none"> <li>- talotekniikka eristeineen ei mahdu alakattojen yläpuolelle</li> <li>- ei ole huomioitu akustokaton vaatimaa tilaa liiketilassa</li> </ul>	4/8

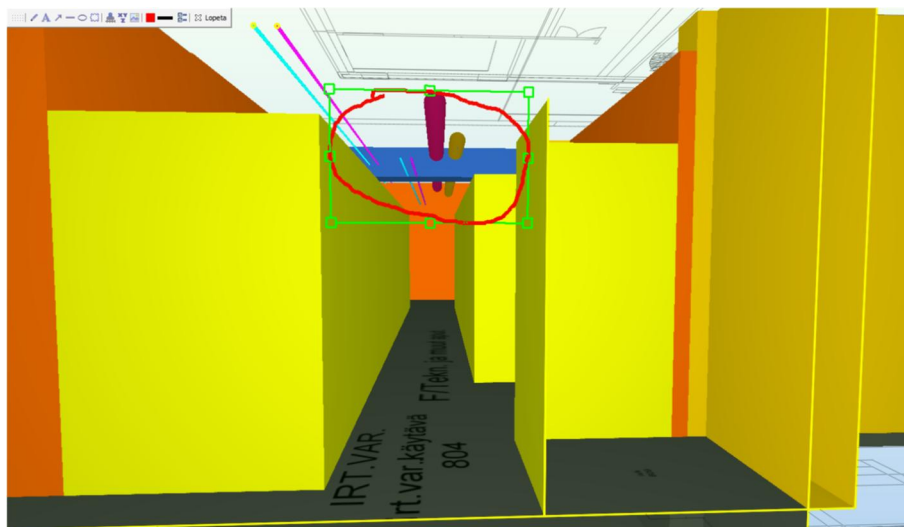
Mallissa ylimääräinen rakenne	<ul style="list-style-type: none"> <li>- osa rakenteista mallissa kaksi kertaa</li> <li>- mallissa ylimääräiset portaat ja putkia, jotka eivät johda mihinkään</li> </ul>	3/8
Tilaluokittelu sekä rakennusosien luokittelu väärin/puutteellinen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rakennetyypit eivät ole ajan tasalla, mallia ei voida käyttää apuna esimerkiksi tilauksissa</li> <li>- määrien laskeminen ei onnistu mallin avulla</li> <li>- malli ei näytä joitakin rakenteita kaikissa kerroksissa</li> <li>- väliseinätyyppejä ei ole viety malliin</li> <li>- elementtitunnuksia ei saada mallista</li> <li>- mallista ei saada määrätietoja lohkoittain/kerroksittain</li> <li>- rakenteita nimetty rakennemalliin väärin, esimerkiksi elementti on nimetty malliin eristeeksi</li> </ul>	5/8
Rakennetta ei ole jaettu osiin	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Julkisivu mallinnettu yhtenä rakenteena, ei erottele elementtejä</li> <li>- rakennemallista ei saada tietoja elementtimääristä, vain koko seinän pinta-ala</li> </ul>	2/8
Talotekniikan ja arkkitehti- tai rakennemallin törmäykset	<ul style="list-style-type: none"> <li>- palkin sisällä valaisin asunnossa</li> <li>- keittiökaluste ja hormielementti ovat mallissa ikkunan edessä</li> <li>- patteri on mallissa liian korkea ja tulee ikkunan eteen</li> <li>- IV-konehuoneessa putki lävistää portaat</li> <li>- WC-istuin seinän sisällä</li> <li>- välioven edessä patteri ja oveen asennettu valaisin</li> <li>- putkien läpivientejä esimerkiksi parvekekatoilla ei ole mallissa sijoitettu kaatojen pohjalle</li> <li>- kaide, savunpoisto ja lattiarakenne törmäävät toisiinsa</li> <li>- IV-kanava ei mahdu sille varattuun koteloon</li> <li>- hormielementtien liitoskohdat mallinnettu liian alas, jonka seurauksena putket eivät mahdu alakattojen yläpuolelle</li> </ul>	4/8
Rakenne- ja arkkitehti-suunnitelmat poikkeavat toisistaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- yhteisissä tiloissa rakennesuunnittelijan ja arkkitehdin suunnitelmat erilaiset</li> <li>- rakennesuunnittelijalla kantavan seinän yläosa eri paikassa kuin arkkitehdin seinä.</li> <li>- liiketilassa väliseinä, betoniseinä ja ovi päällekkäin</li> <li>- parvekkeiden vedenpoistot ovat eri kohdissa rakenne- ja arkkitehtimallissa</li> <li>- mallia ei ole päivitetty oikein</li> <li>- ikkunasovitukset eivät täsmää, rakennesuunnittelijan ja arkkitehdin malleissa,</li> </ul>	4/8

	nämä oli päivitettävä rakennemalliin elementtisuunnittelua varten	
Puuttuu huoltoon tarvittava tila	- talotekniikka IV-konehuoneen luukun kohdalla, jonka seurauksena huoltotilaan ei mahdu kulkemaan	1/8
Puuttuva rakenne	- puuttuu luukku savunpoiston korvausilmapellille - puuttuu ontelolaatta - yhdestä kerroksesta puuttuu hormielementit ja alakatot	2/8
Puutteellinen detaljisuunnittelu	- malleista puuttuu eristeitä - rakenteiden väleissä on aukkoja - läpivientejä ei ole mallinnettu riittävän tarkasti	1/8
Rakenteiden väärä sijoittelu	- liesituulettimia väärissä kohdissa - rakenteita väärissä kerroksissa - savunpoistokanavat liian alhaalla	3/8
Rakennemallin törmäykset toisiin rakennemallin osiin	- elementit menevät holvin sisään	1/8
Muu korkovirhe	- lattiakorkoa pudotettu uivan pintalattian alla, joten mallissa lattian korko liian matala	1/8
Akustiikkasuunnittelu	- malleissa ei ole huomioitu ääneneristykseksi tarvittavaa tilaa, esimerkiksi akustokattoon ei ole jätetty tilaa eristeelle - hormielementin putkilähdöt on suunniteltu siten, että äänenvaimennusvalua ei voida tehdä	1/8
Vääräkokoinen rakenne	- autohallissa liian matala pilari	1/8



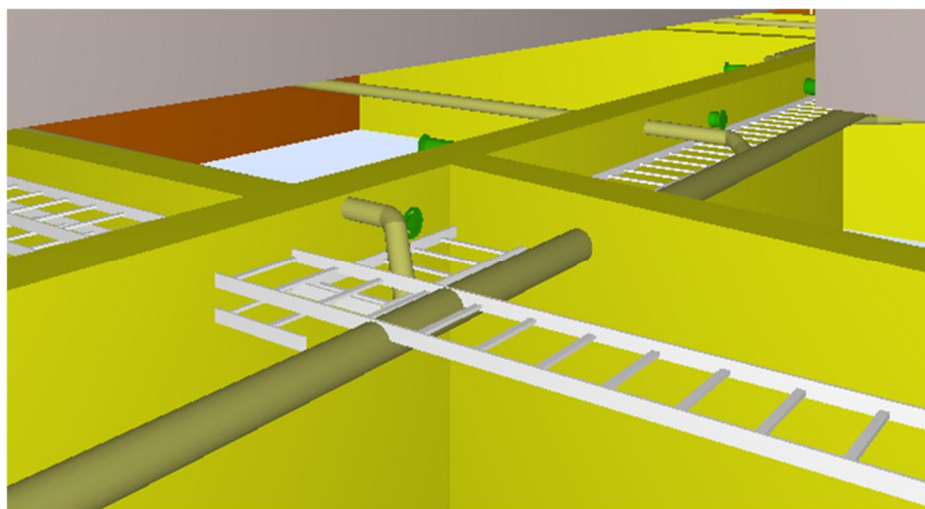
#### 4.4 Esimerkkejä yleisimmistä mallinnusvirheistä

Haastatteluiden perusteella mallien yhteensovituksissa ilmeni paljon ongelmia. Yleisin virhe tietomalleissa on suunnitelmien puutteelliset reikävaraukset. Näitä esiintyy sekä talotekniikan että esimerkiksi ikkunoiden ja ovien suhteen. Kuvassa 14 esitetään tilanne, jossa putket lävistävät palkin. Tällainen virhe on hyvin tyypillinen, kun niin sanottuja reikäkiertoja ei ole viety suunnittelijoiden kesken loppuun.



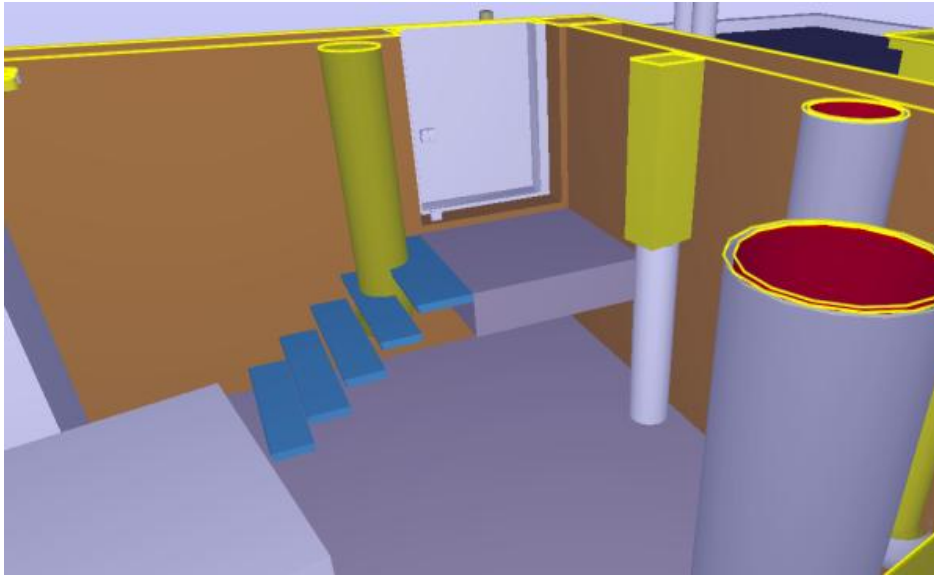
Kuva 14 Putkien ja palkin törmäys yhdistelmämallissa [16]

Myös rakenteiden väliset törmäykset ovat haastatteluiden perusteella yleisiä mallinnusvirheitä yhdistelmämallissa. Kuvassa 15 esitetään tilanne, jossa sähköjohtojen kannatteluun suunniteltu arina törmää LVI-suunnittelijan mallintamiin putkiin.



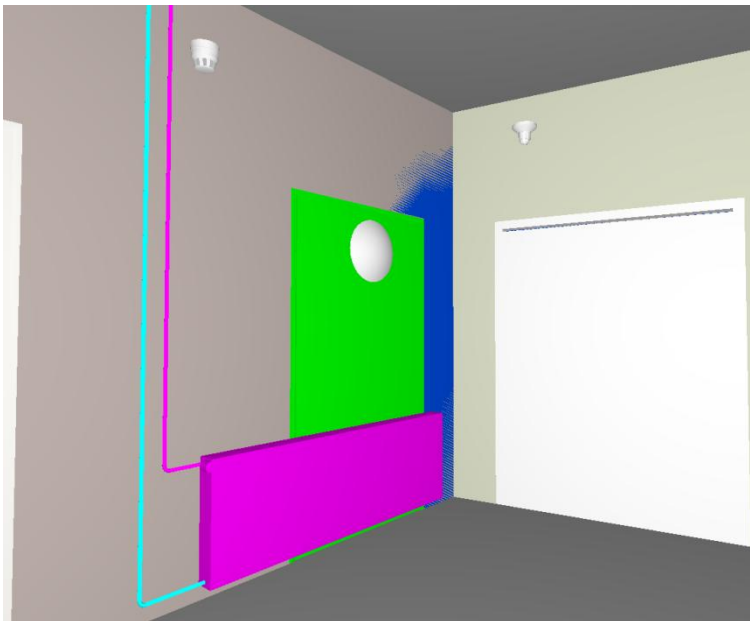
Kuva 15 Sähkö- ja LVI-rakenteiden törmäys yhdistelmämallissa [16]

Kuvassa 16 esitetään tilanne, jossa IV-kanava lävistää portaat yhdistelmämallissa.



Kuva 16 IV-kanavan ja portaiden törmäys yhdistelmämallissa [16]

Mallien yhdistämisessä esiintyy haastatteluiden perusteella usein muitakin ongelmia. Kuvassa 17 on esitetty tilanne, jossa oviaukon eteen on suunniteltu patteri ja lisäksi oveen on suunniteltu asennettavaksi valaisin.



Kuva 17 Suunnitelmien yhteensovitusongelmat yhdistelmämallissa [16]

#### 4.5 Tietomallivirheiden vaikutukset

Taulukossa 3 on pohdittu virhetyyppien mahdollisia vaikutuksia tuotannon etenemiseen ja kustannuksiin. Virheiden vaikutuksia tuotantoon ja kustannukseen on pohdittu haastatteluiden avulla. Virheitä pohdittaessa on oletettu tilanne, että tietomalleja käytetään ensisijaisina suunnitelmina koko projektin ajan. Tämän pohjalta on pyritty löytämään parhin mahdollinen tilanne, johon tietomallivirheet voivat johtaa. Taulukko on koottu suoraan haastatteluissa esille tulleiden ajatusten pohjalta.

**Taulukko 3 Virhetyyppien mahdolliset vaikutukset**

Virhetyyppi	Mahdolliset vaikutukset tuotantoon ja kustannuksiin
Puutteelliset reikävaraustiedot	Virhe aiheuttaa ylimääräistä työtä, kun puuttuvat reikävaraukset tehdään työmaalla tai liian pieniä reikiä suurennetaan joko valmisosiin tai työmaalla rakennettuihin rakenneosiin. Liian isot reiät taas aiheuttavat kustannuksia, kun ne joudutaan täyttämään. Reikien täyttämisessä on aina huomioitava palokatkot. Palokatkomassan käyttö liian suurien reikien täytössä voi aiheuttaa suuria ylimääräisiä kustannuksia. Mikäli reikävarauksia puuttuu paljon, voi reikien teko valmisiin rakenteisiin aiheuttaa rakenteiden kantavuuteen muutoksia ja rakenteiden uudelleen suunnittelu voi viivästyttää rakentamista. Taloudellinen vaikutus on merkittävä, jos virhe toistuu.
Pistorasioiden väärä sijainti	Pistorasioiden siirtäminen aiheuttaa suunniteltujen sähkölinjojen siirtoja työmaalla. Sähkölinjojen siirto saattaa edellyttää jo valmiiden rakenteiden purkamista, jotta sähkölinjoja voidaan muuttaa rakenteiden sisällä. Jos patteriputket ja pistorasiat ovat kohdakkain, aiheuttaa tämä ylimääräistä työtä tuotannossa ja työnaikaisessa suunnittelussa. Taloudellinen vaikutus merkittävä, jos virhe toistuu.

Puutteelliset mittatiedot	Mallista ei saada rakentamisen aikana otettua mittoja työmaan käyttöön. Mallia ei voida käyttää määrälaskentaan. Aiheuttaa ylimääräistä työtä, kun mitat joudutaan selvittämään muualta.
Palotekniset ratkaisut puutteellisia	Voi aiheuttaa suunnittelun lisäkustannuksia sekä ylimääräistä työtä, kun joudutaan muuttamaan paloaluerajoja rakentamisen aikana. Saatetaan joutua tilaamaan rakentamisen aikana suunniteltua enemmän tuotteita liittyen paloaluerajoihin.
Kaikkia rakenneosia ei ole mallinnettu lattioiden/paikallavalettavan holvin sisään	Voi aiheuttaa korko-ongelmia lattioihin. Aiheuttaa ylimääräistä työtä, kun sovitetaan rakenteita toisiinsa. Voi muuttaa lopullisia lattiakorkoja suhteessa suunnitelmiin. Joudutaan ilmoittamaan asiakkaille, mikäli ilmoitetut huonekorkeudet muuttuvat tämän myötä.
Talotekniikan törmäykset toisiin talotekniikan rakenneosiin	Voi aiheuttaa muutoksia suunniteltuihin rakenteisiin, kun esimerkiksi talotekniikka ei mahdu alakattojen yläpuolelle. Saattaa kasvattaa myös talotekniikan koteloiden ja hormien kokoa. Joudutaan tekemään mahdollisesti lämpölinjoihin pystysuuntaisia mutkia, jotka saattavat aiheuttaa ongelmia vesikierrossa. Virhe aiheuttaa ylimääräistä työnsuunnittelua. Joudutaan ilmoittamaan asiakkaille, mikäli ilmoitetut huonekorkeudet muuttuvat tämän myötä. Voi viedä paljon aikaa, mikäli virhe toistuva. Materiaalikustannukset kasvavat suunnitellusta, mikäli joudutaan tilaamaan erikoisosia talotekniikan ratkaisujen toteuttamiseksi.
Alakatot mallinnettu liian ylös	Suunniteltu talotekniikka ja alakaton runko eivät mahdu alakattojen yläpuolelle. Aiheuttaa ylimääräistä työnsuunnittelua sekä talotekniikka- ja arkkitehtisuunnittelua. Mikäli tällainen virhe myyntikuvissa, joudutaan asiakkaita informoimaan väärästä merkinnästä. Alakaton laskeminen voi vaikuttaa

	<p>kiintokalusteiden sovittamiseen paikoilleen ja vaikuttaa esimerkiksi kaapinovie aukeamiseen. Tämä saattaa johtaa siihen, että suunnitellut kiintokalusteet joudutaan muuttamaan toisiin työn aikana.</p>
Mallissa ylimääräinen rakenne	<p>Voi aiheuttaa virheellisen tuloksen kustannuslaskentaan tai kustannuksia ylimääräisistä rakenteista, mikäli määrälaskenta ja tilaukset tehdään mallin avulla. Toistuva virhe voi aiheuttaa suuria kustannuksia, jos virheellisen määrälaskennan johdosta tilataan työmaalle liian suuria määriä rakennusosia tai ylimääräisiä kalliita erikoisrakenteita.</p>
Tila- sekä rakennusosien luokittelu väärin	<p>Mallia ei voida käyttää esimerkiksi määrälaskentaan, mallista ei saada rakentamisen aikana otettua mittoja työmaan käyttöön. Voi aiheuttaa ylimääräistä työtä, jos mitat ja määrät joudutaan laskemaan muista tiedoista. Saattaa aiheuttaa virheitä tilauksiin tai virheitä kustannuslaskentaan.</p>
Rakennetta ei ole jaettu osiin	<p>Mallia ei voida käyttää esimerkiksi määrälaskentaan, mallista ei saada rakentamisen aikana otettua mittoja työmaan käyttöön. Voi aiheuttaa ylimääräistä työtä, jos mitat ja määrät joudutaan laskemaan muista tiedoista. Saattaa aiheuttaa virheitä tilauksiin tai virheitä kustannuslaskentaan.</p>

<p>Talotekniikan ja arkkitehti- tai rakennemallin törmäykset</p>	<p>Voi aiheuttaa rakentamisen aikana muutoksia talotekniikan tai rakennetekniikan sijainteihin tai rakenteiden kokoon. Tästä aiheutuu ylimääräistä työsunnittelua ja mahdollisesti joudutaan purkamaan jo tehtyjä rakenteita. Joudutaan mahdollisesti suunnittelemaan talotekniikka uudestaan rakentamisen aikana ja tästä voi aiheutua viivästyksiä talotekniikan asentamiseen. Rakennesuunnittelijalta on aina varmistettava rakenteiden kantavuus, jos työmaalla tehdään muutoksia kantaviin rakenteisiin. Tällainen virhe voi aiheuttaa muutoksia asiakkaalle ilmoitettuihin tietoihin. Voi aiheuttaa ongelmia talotekniikan sovittamisessa alakatto- ja lattiakorkeisiin. Jos vieressä esimerkiksi metallirakenne, joka estää talotekniikan reitin, joudutaan muokkaamaan rakenteita. Voi aiheuttaa talotekniikan uudelleen reititystä. Toistuva virhe aiheuttaa suuria kustannuksia ja ylimääräistä työtä.</p>
<p>Rakenne- ja arkkitehtisuunnitelmat poikkeavat toisistaan</p>	<p>Voi johtaa esimerkiksi rakenteiden vääriin mittoihin tai väärään sijaintiin rakennettavassa kohteessa. Saattaa aiheuttaa vääränkokoisten valmisosien tilaamista työmaalle. Aiheuttaa ylimääräistä selvitystyötä. Tämä voi johtaa esimerkiksi vääränkokoisten ikkunoiden tilaamiseen työmaalle. Toistuva virhe aiheuttaa suuria kustannuksia ja paljon ylimääräistä työtä.</p>
<p>Puuttuva huoltotila</p>	<p>Voi aiheuttaa tilamuutoksia suunniteltuun malliin tai aiemmin tehtyjen rakenteiden purkamista, jotta tila saadaan tehtyä. Saatetaan joutua purkamaan tehtyjä rakenteita tai muuttamaan esimerkiksi talotekniikan reititystä.</p>

Puuttuva rakenne	Rakenne saattaa jäädä huomioimatta tietomallin avulla tehtävästä määrälaskennasta. Puuttuva rakenne voi esimerkiksi viivästyttää työmaan etenemistä tai keskeyttää sen, jos puute huomataan vasta työmaalla, kun rakentaminen on edennyt kyseisen rakenteen kohdalle. Jos puuttuva rakenne on kantava tai välttämätön seuraavalle rakenteelle, voi rakentaminen keskeytyä. Kantavien rakenteiden kohdalla saatetaan joutua tekemään rakennesuunnitelmiin muutoksia. Voi olla suuri merkitys kustannusarviota tehtäessä. Erikseen tilattavan rakennusosan hinta voi olla moninkertainen arvioituun verrattuna.
Puutteellinen detaljisuunnittelu	Virheiden todennäköisyys tuotannossa kasvaa. Aiheuttaa ylimääräistä selvitystyötä ja voi viivästyttää rakentamista, jos ei ole tiedossa tarkkaa työmenetelmää.
Rakenteiden väärä sijainti	Saattaa vaikuttaa muiden rakenteiden ja talotekniikan sijaintiin. Mikäli rakenteet sijoitetaan mallin mukaisiin paikkoihin, saatetaan niitä joutua myöhemmin purkamaan.
Rakennemallin törmäykset muihin rakennemallin osiin	Työmaalla joudutaan muokkaamaan rakenteita, jotta ne mahtuvat oikeaan kohtaan. Kantaviin rakenteisiin työmaalla tehtävästä muutoksesta on pyydettävä rakennesuunnittelijalta uusi rakennesuunnitelma. Ajallinen viivästys on mahdollinen. Toistuva virhe voi aiheuttaa suuria kustannuksia.
Lattian korkovirhe viereisen tilan lattian suhteen	Voi aiheuttaa muutoksia suunniteltuihin huonekorkeuksiin. Tämä voi aiheuttaa ongelmia kiintokalusteiden suhteen, mikäli lattian korko muuttuu. Lisäksi voi aiheuttaa esteettömyysongelmia. Kustannusvaikutus voi olla suuri, jos lattiatasoa joudutaan nostamaan tasoitteen avulla isolta alalla. Aiheuttaa ylimääräistä työtä työmaalla.

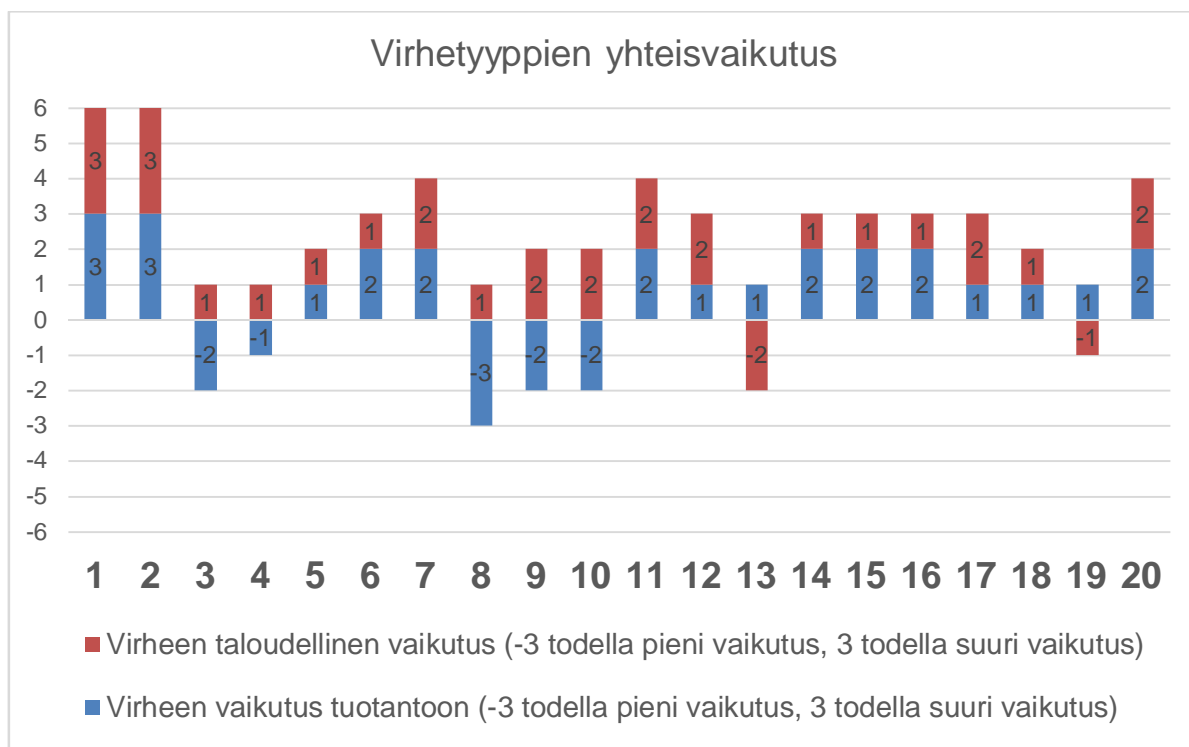
Akustiikkasuunnittelu	Joudutaan mahdollisesti laskemaan alakattoja tai kasvattamaan seinien eristepaksuuksia tai tekemään lisärakenteita eristämään ääntä. Voi aiheuttaa muutoksia tilojen kokoon. Akustiikkasuunnittelu on huomioitava myös ikkunoissa ja ovissa. Tästä voi seurata lisäkustannuksia, jos työmaalle on tilattu mallin perusteella väärä tuotteita.
Mallissa vääränkokoinen rakenne	Liian pieniä rakenteita joudutaan jatkamaan työmaalla ja liian isoja rakenteita joudutaan työstämään pienemmiksi, jotta ne saadaan mahtumaan niille suunniteltuun sijaintiin. Kantavissa rakenteissa muutokset vaativat rakennesuunnittelijalta uuden suunnitelman. Aiheuttaa lisätöitä ja mahdollisesti työmaan viivästymistä. Valmisosissa voi aiheuttaa suuria kustannuksia, jos ne tilataan mallin avulla vääränkokoisina. Toistuvana virhe voi aiheuttaa suuria kustannuksia.

Tuotannon etenemiseen vaikuttavien virheiden vaikutuksia pohdittaessa on otettu huomioon virheen korjaamisen aiheuttamat ajalliset vaikutukset työmaalla sekä mahdollisesti hankintojen viivästymisestä johtuvat aikataulupoikkeamat. Virheiden vaikutuksia kustannuksiin pohdittaessa on otettu huomioon virheellisten hankintojen aiheuttamat kustannukset, virheet kohteen kustannusarvion laadinnassa sekä työmaan viivästymisten aiheuttamat kustannukset. Kustannusvaikutuksiin on huomioitu myös hankinnoista ja määrälaskennoista vastaavien henkilöiden käyttämän ylimääräisen työajan aiheuttamat kustannukset. Työmaan työnjohdon käyttämän ylimääräisen ajan vaikutus on huomioitu vain vaikutuksena työmaan viivästymiseen.

Taulukossa 4 esitetään virhetyyppien yhteisvaikutusten suuruus.



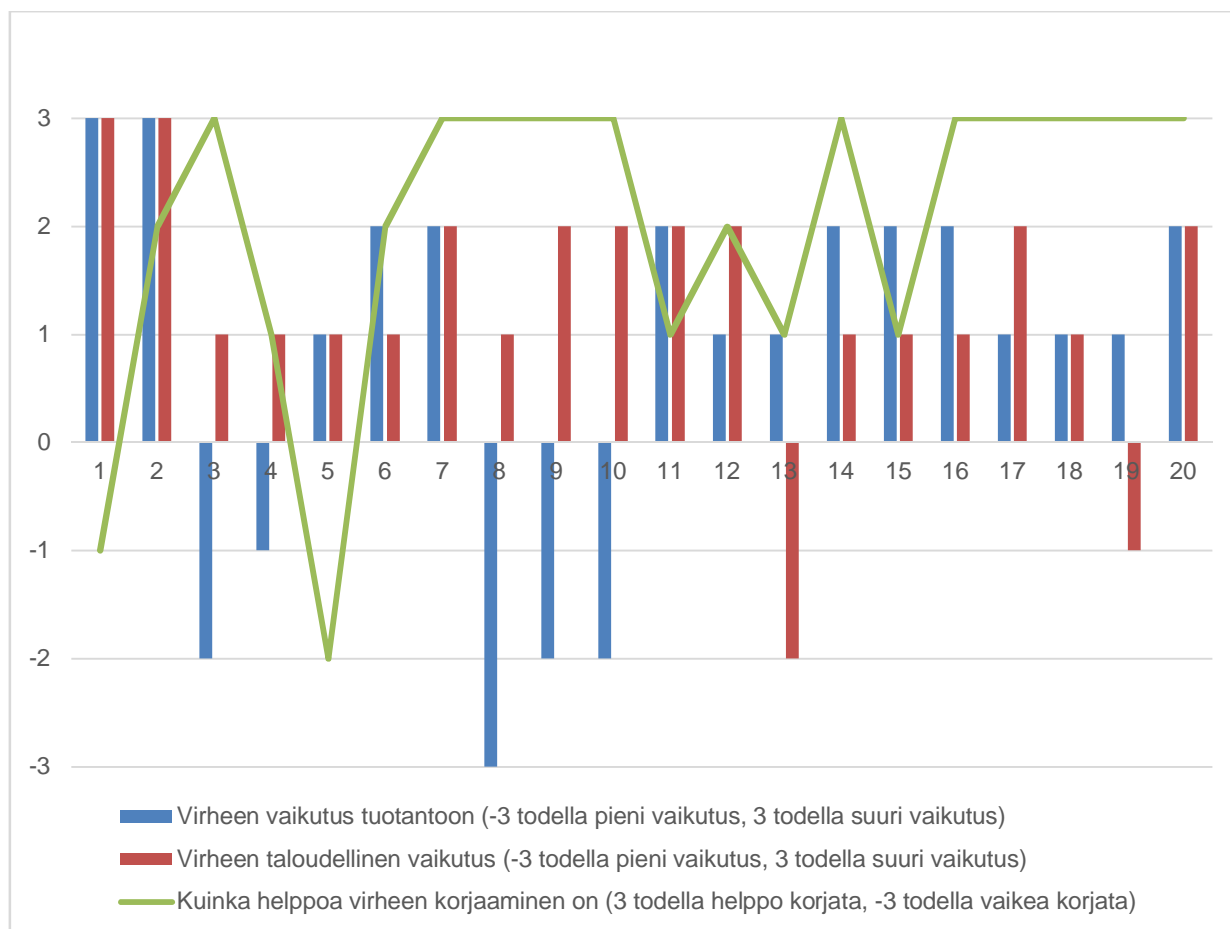
Taulukko 4 Virhetyyppien yhteisvaikutus



1. Puutteelliset reikävaraustiedot
2. Pistorasioiden väärä sijainti
3. Puutteelliset mittatiedot
4. Palotekniset ratkaisut puutteellisia
5. Kaikkia rakenneosia ei ole mallinnettu lattioiden/paikallavalettavan holvin sisään
6. Talotekniikan törmäykset toisiin talotekniikan rakenneosiin
7. Alakatot mallinnettu liian ylös
8. Mallissa ylimääräinen rakenne
9. Tila- sekä rakennusosien luokittelu väärin
10. Rakennetta ei ole jaettu osiin
11. Talotekniikan ja arkkitehti- tai rakennemallin törmäykset
12. Rakenne- ja arkkitehtisuunnitelmat poikkeavat toisistaan
13. Puuttuva huoltotila
14. Puuttuva rakenne
15. Puutteellinen detaljisuunnittelu
16. Rakenteiden väärä sijainti
17. Rakennemallin törmäykset muihin rakennemallin osiin
18. Lattian korkovirhe viereisen tilan lattian suhteen
19. Akustiikkasuunnittelu
20. Mallissa vääränkokoinen rakenne

Taulukossa 5 on arvioitu mallinnusvirheiden vaikutusten suuruutta verrattuna siihen, kuinka helppoa kyseisen virheen korjaaminen on. Taulukon tarkoituksena on selkeyttää sitä, kuinka suuri vaikutus helposti korjattavilla suunnitteluvirheillä voi olla, mikäli virheitä ei korjata ennen rakentamisen ja hankintojen aloitusta. Virheen korjaamisen helppoutta määriteltäessä on pohdittu, onko kyseessä yksittäinen virhe vai koko kohteen läpi kulkeva säännöllinen virhe, tarvitaanko virheen korjaamiseen useamman suunnittelualan yhteensovittamista ja kuinka kauan sen korjaamiseen arvioidaan kuluvan aikaa. Taulukossa käytetään virhetyyppien numeroita, jotka on selitetty sivulla 36.

**Taulukko 5 Mallinnusvirheiden vaikutus suhteessa siihen, kuinka helppoa niiden korjaaminen on.**



## 5 Tietomallit tarkastava työkalu

### 5.1 Tarkastustyökaluun valitut virhetyypit

Virhetyyppien yhteisvaikutusten perusteella (Taulukko 4) on valittu tarkastustyökaluun 10 virhettä. Ensisijaisesti työkaluun on valittu ne virheet, joiden vaikutukset tuotantoon ja kustannuksiin ovat kaikkein suurimmat. Työkalun tavoitteena on edistää kannattavuuden parantamista, joten virheiden valinnassa on painotettu kustannusvaikutuksia, mikäli kyseessä on tuotannon ja kustannusten yhteenlaskettujen vaikutusten perusteella yhtä kriittiset virheet. Mikäli virheiden kustannusvaikutukset on arvioitu yhtä suuriksi, on työkaluun valittu virheet, jotka ovat haastatteluiden perusteella yleisempiä. Kymmenen kriittisintä virhettä on listattu alla.

1. Puutteelliset reikävaraukset
2. Pistorasioiden väärä sijainti
3. Alakatot mallinnettu liian ylös
4. Talotekniikan ja arkkitehti- tai rakennemallin törmäykset
5. Mallissa vääränkokoinen rakenne
6. Talotekniikan törmäykset toisiin talotekniikan rakenneosiin
7. Rakenne- ja arkkitehtisuunnitelmat poikkeavat toisistaan
8. Rakennemallin törmäykset muihin rakennemallin osiin
9. Puuttuva rakenne
10. Tila- ja rakennusosien luokittelu väärin

Vaikka ”Rakenteiden väärä sijainti” on virhetyyppinä yleisempi kuin ”Puuttuva rakenne”, jätettiin se työkalusta, koska tämä virhe tarkastetaan osittain erikseen tehtävässä tietomallitilauksen tarkastelussa. Rakenteen väärä sijainti mallissa ei vaikuta esimerkiksi määrien laskentaan. Lisäksi esimerkiksi haastatteluissa esille tullut liesituulettimien väärä sijainti on sellainen virhe, joka on helppo havaita keittiökalusteiden asennuksen yhteydessä. Myös virhetyypin ”Puutteellinen detaljisuunnittelu” jätettiin pois, koska kyseessä on sellainen virhe, joka on helpompi tarkastaa manuaalisesti.

Kymmenenneksi virheeksi valittiin virhetyypin ”Tila- ja rakennusosien luokittelu väärin”. Vaikka tällä virheellä ei ole varsinaista vaikutusta tuotantoon, estää tällaisen virheen

esiintyminen mallissa, mallin käytön määrälaskennassa, joten sen tarkastaminen on välttämätöntä mallien käytön kannalta. Lisäksi väärä nimeäminen ja luokittelu saattavat aiheuttaa ongelmia työssä luotavan tarkastustyökalun käytössä, koska työkalun perustana on komponenttien tutkiminen niille annettujen nimi- ja attribuuttitietojen avulla.

## 5.2 Solibri Model Checker

Kohdeyrityksessä on mallien tarkasteluun käytössä Solibri Model Checker -ohjelmisto. Tietomallien tuotantoon kelpoisuuden tarkastava työkalu tehdään siis tälle ohjelmalle.

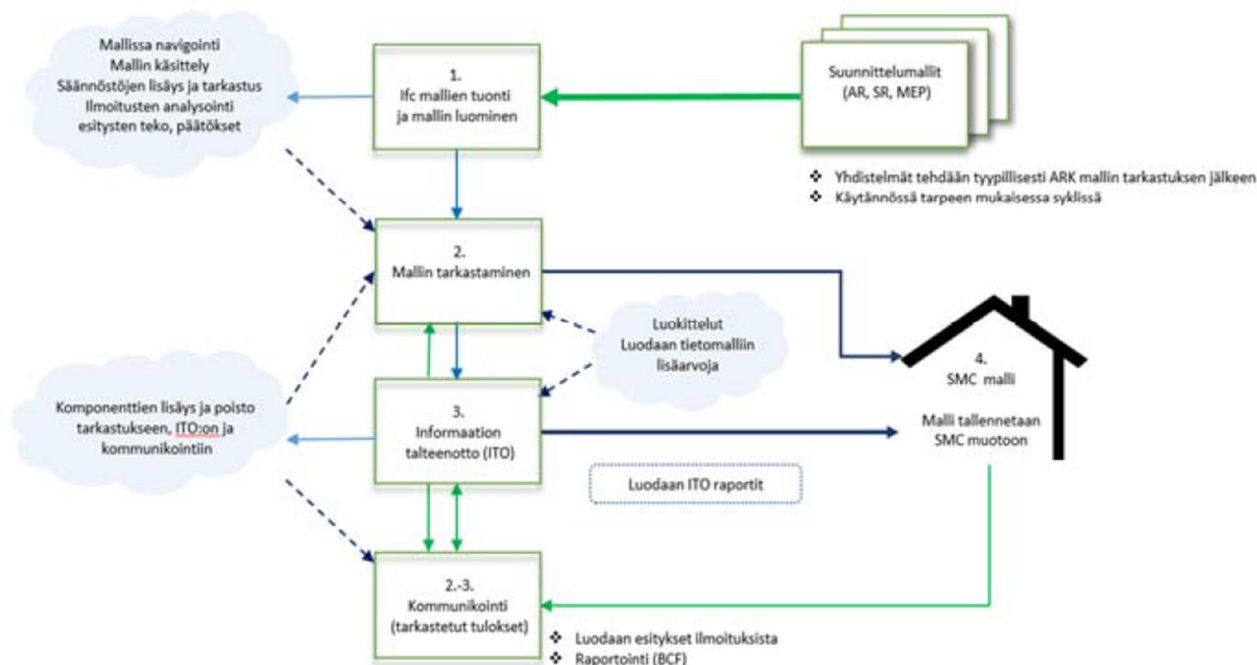
Solibri Model Checker (SMC) on tietomallien tarkastukseen kehitetty ohjelmistotyökalu. Sen avulla voidaan tutkia mallien laatua, oikeellisuutta sekä turvallisuutta. Ohjelma käy läpi koko tietomallin tunnistuen mallissa olevat virheet ja heikkoudet. SMC tuo esiin mallin ristiriitaiset komponentit sekä varmistaa, että malli noudattaa yritysten omia laatujärjestelmiä sekä yleisiä rakennusmääräyksiä. [7.]

Ohjelman olennainen osa ovat erilaiset säännöt. Sääntöjen avulla voidaan tarkastella tietomallien sisältöä halutusta näkökulmasta. Sääntö voi esimerkiksi tarkastaa, että tilat ovat niitä rajaavien seinien mukaisia sekä että niiden tilatieto sopii yhteen huonealan kanssa. Joillakin säännöillä voidaan tarkastella yksittäisiä avainominaisuuksia kuten rakennuksessa olevien ikkunoiden tyyppejä ja kokoja. Sääntö voi tarkastella myös yksittäisiä asioita, esimerkiksi komponenttien rakennetyyppejä. [7.]

SMC:n perusasennukseen on sisällytetty rakennusmääräysten mukaiset säännöt. Nämä säännöt voivat kuitenkin vaihdella eri maissa, joten tämä tulee huomioida muokkaamalla säännön parametrit maakohtaisiin lakeihin ja säännöstöihin sopiviksi. [7.]

Mallin tarkastuksen jälkeen ohjelma tuottaa listan ilmoituksista ja joissain tapauksissa antaa virheestä raportin. Ilmoitukset jaetaan käsittelyn helpottamiseksi useaan kategoriaan. Automaattinen ilmoitusten luonti näyttää ilmoitukset 3D-tilassa tuomalla esiin ilmoituksen antavat komponentit ja samalla piilottaen epäolennaiset komponentit. Kaikki projektin osapuolet pääsevät katseluohjelman avulla tarkastelemaan tallennettua SMC-tiedostoa, joka sisältää tarkastusten tulokset. Tämän lisäksi löydetty ongelmat voidaan vä-

littää eteenpäin projektin muille osapuolille luomalla esityksestä koordinoitiraportti. Raportin avulla jokainen osapuoli voi tehdä sen vaatimat muutokset omiin suunnitelmiinsa. [7.]



Kuva 18 Tietomallien tarkastusprosessi Solibri Model Checkerin avulla [7]

Tietomallien tarkastamisen lisäksi Solibri Model Checkeriä voidaan käyttää malleissa olevan informaation talteenottoon, osamallien lisäämiseen tietomalliin sekä malleihin liittyvään kommunikointiin projektin eri osapuolien välillä. [7.]

Informaation talteenotossa voidaan ifc-muodossa olevan mallin osia lajitella, järjestellä, visualisoida sekä raportoida niistä saatua tietoa. Mallista saatu tieto voi olla tilatietoa tai määrätietoa, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi määrälaskennan apuvälineenä tai selvittämään etäisyyksiä kahden eri pisteen välillä. Mallia voidaan tarkastella joko kokonaisuutena tai siitä voidaan valita tarkasteluun vain pienempiä osia kuten kerroksia ja niissä olevia komponentteja. [7.]

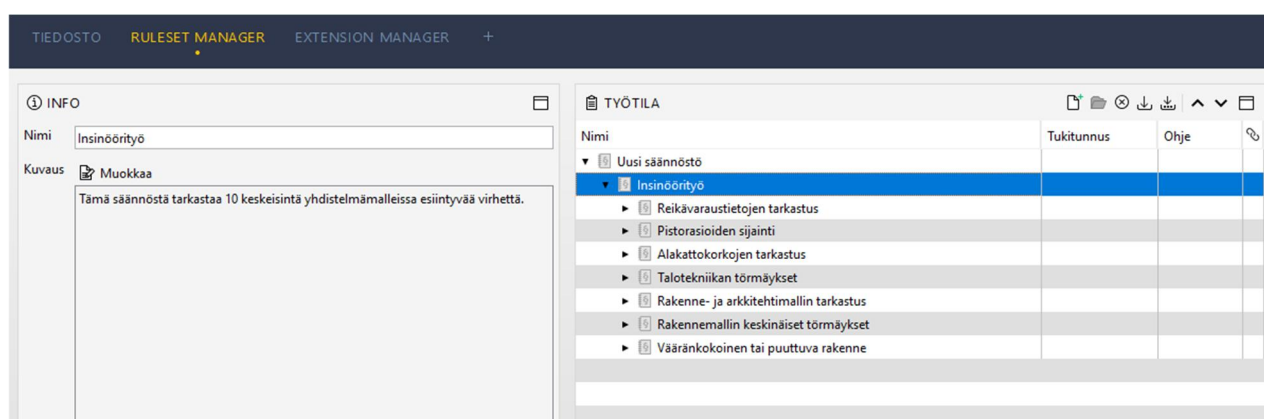
Ohjelman kommunikointinäkyymässä voidaan kerätä ja tallentaa tietoa tarkastuksen ilmoittamista tuloksista sekä määrittää omia ilmoitusnäkyymiä esityksiin ja jakaa esityksiä eteenpäin. [7.]

Ohjelmassa on lisäksi monia eri tapoja selata mallia. Näitä ovat mallin leikkaus halutusta kohdasta, mallista voi poistaa tai piilottaa osia ja lisäksi mallia voi selata kävely- tai pelitilatoiminnon avulla. Näiden toimintojen avulla voidaan tutkia mallin sisältöä ja virheitä visuaalisesti ilman varsinaisen tarkastuksen tekemistä.

### 5.3 Solibri Model Checker-työkalu

Insinööriyön työkalu luodaan Solibri Model Checker -ohjelman Ruleset manager -toiminnon avulla. Toiminto perustuu siihen, että sen avulla voidaan luoda omiin tarpeisiin sopivia säännöstöjä, jolloin käyttäjä voi itse valita tarkastukseen haluamansa kohteet.

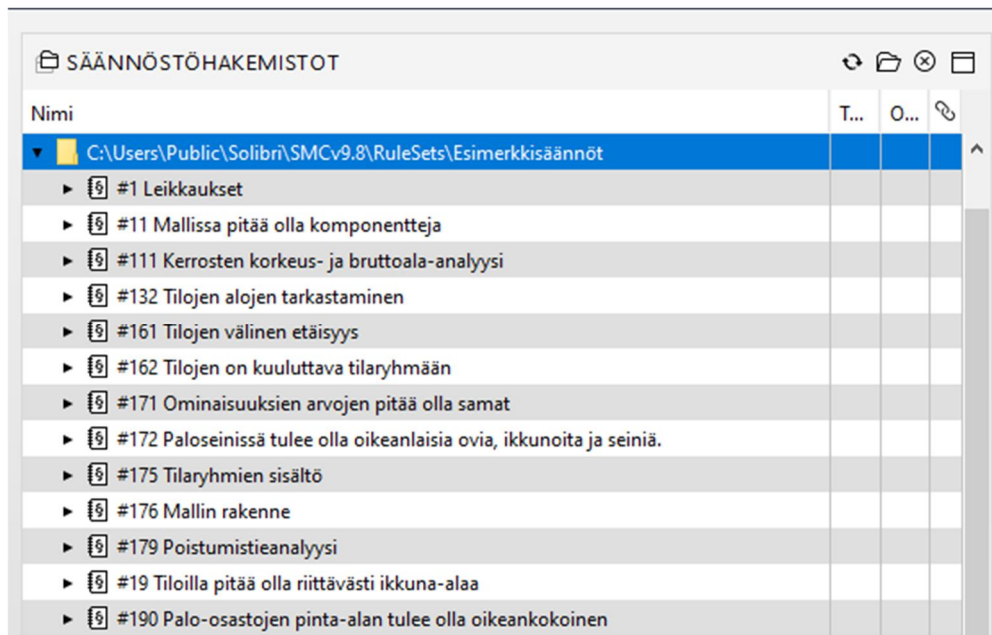
Koska työssä tehtävä työkalu jää kohdeyrityksen käyttöön, eikä sitä julkaista tämän raportin yhteydessä, käydään tässä luvussa läpi vain pääpiirteet siitä, kuinka tarkastussäännöstö on luotu.



Kuva 19 Esimerkki Solibri Model Checker -säännösten kuvauksesta

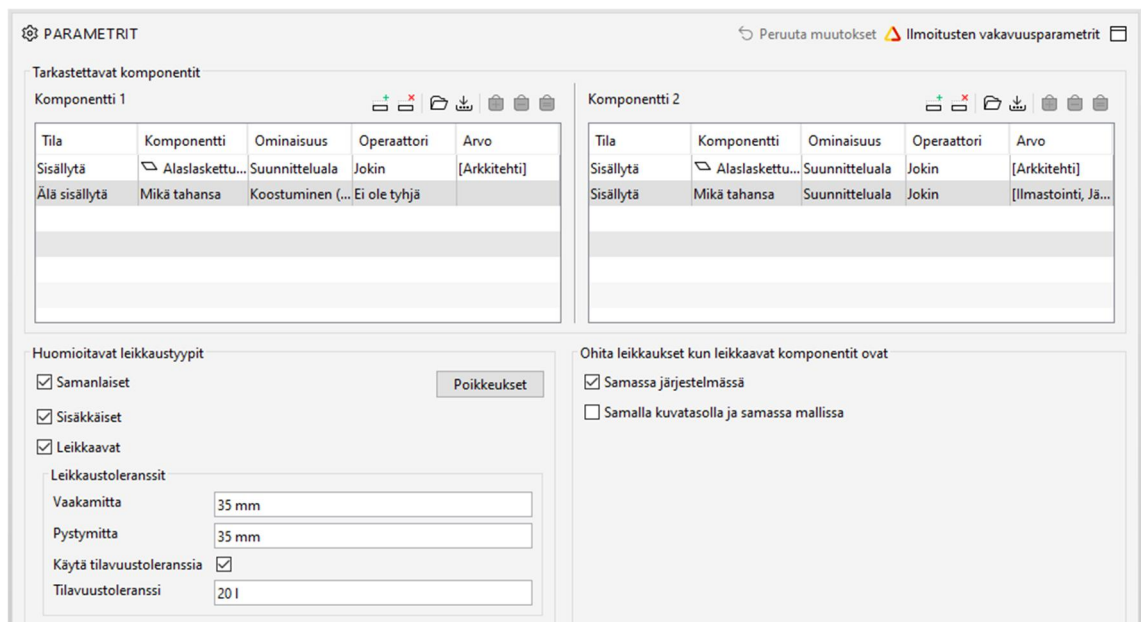
Ohjelmassa luotavalle säännöstölle annetaan nimi ja kuvaus, josta näkyy, mitä kyseinen sääntö tarkastaa. Säännösten kuvauksessa voidaan myöskin tarvittaessa ilmoittaa, jos kyseinen sääntö ei tarkasta joitakin mallin ominaisuuksia, jotka ovat kuitenkin oleellisia mallin oikeellisuuden varmistamisessa.

Työkalun säännösten pohjana käytetään valmiita esimerkkisäännöstöjä, jotka muokataan tarkastamaan tietomallista halutut ominaisuudet. Säännöstö luodaan tarkastamaan valituista virhetyypeistä haastatteluissa ilmi tulleet virheet ja puutteet.



Kuva 20 Solibri Model Checkerin esimerkkisääntöjä

Työkalun sääntöjen sisältö luodaan Parametrit-toiminnon avulla valitsemalla sääntöön haluttavat komponentit ja niiden välillä tehtävät tarkastukset. Kuvassa 21 on esitetty esimerkki säännöstä, joka tarkastaa alakattojen törmäyksiä muihin komponentteihin.



Kuva 21 Esimerkki säännön luomisesta Solibri Model Checker -ohjelmalla

Jotta tarkastukseen käytettävä sääntö toimii oikein, on varmistuttava siitä, että komponentit on nimetty oikein ja niiden suunnitteluun on käytetty oikeita työkaluja. Mikäli

käytettävä säännöstö ei tee tätä tarkastusta, on nimeämisen oikeellisuus tarkastettava muulla tavoin.

Säännöstön tarkastukset tehdään haastatteluissa esille tulleiden virheiden ja vaikutusten pohjalta. Osa säännöistä tehdään siten, että ne tarkastavat useamman virhetyypin. Kaikista haastatteluissa esille tulleista virheistä ei tehdä ohjelmaan virheen automaattisesti tarkastavaa sääntöä. Esimerkiksi haastatteluissa esille tullut pistorasian turvaetäisyyden tarkastaminen suihkun suhteen voidaan lisätä työkaluun kohtana, joka muistuttaa tarkastuksesta vastaavaa henkilöä käymään nämä manuaalisesti läpi.



## 6 Johtopäätökset

Tietomalleihin perehtyminen on aiheena haastava, koska aihe on todella laaja. Tämä aiheutti haasteita työn rajaukseen siten, että se vastaa työmäärältään insinöörityötä ja työn toteuttaminen sille varattuna aikana on mahdollista.

Alkuperäisen suunnitelman mukaan työkalu oli tarkoitus rajata koskemaan vain rakennemallin virheitä. Haastatteluissa selvisi, että suurin osa tiedossa olevista virheistä esiintyy yhdistelmämallissa, joten työn aihe muuttui rakennemallin tarkastelusta yhdistelmämallin tarkasteluksi.

Virheiden määrä ja suunnittelijoiden osaamisen taso tietomallien suhteen tulivat yllätyksenä. Lisäksi haastattelutuloksissa yllätti se, kuinka samat virheet toistuvat projektista toiseen, eikä niitä ole saatu korjattua, vaikka virheet on varmasti tiedostettu projektin eri osapuolien toimesta.

Työn aikana keskusteltiin siitä, että tässä työssä olisi tutkittu takuukorjausyksikön avulla suunnitelmavirheiden vaikutusta rakennusvirheiden määrään ja korjauskustannuksiin kohteiden takuukorjausvaiheessa. Tämä kuitenkin rajattiin pois, koska alkuperäinen aihe oli todella laaja ilman tätä lisätutkimusta. Mallinnus- ja suunnitteluvirheiden taloudellisen vaikutuksen selvittäminen on aiheena sellainen, että siitä on mahdollista tehdä erillinen oppinnäytetyö esimerkiksi hyödyntämällä osittain tässä työssä esiin tulleita mallinnusongelmia. Tällainen selkeä tutkimus suunnitteluvirheiden aiheuttamista kustannuksista lisäisi varmasti suunnitteluorganisaation motivaatiota lähteä korjaamaan virheitä jo aiemmassa vaiheessa projektia.

Insinöörityön aikana luotu työkalu tietomallien tarkastamiseen jää kohdeyrityksen käyttöön. Se on tarkoitus ottaa käyttöön asuntorakentamisen yksikössä mahdollisimman pian. Seuraavassa vaiheessa työkalun toimivuutta testataan tarkastamalla sen avulla eri kohteiden tietomalleja. Kun työkalu todetaan valmiiksi, tehdään ohjeistus sen käyttöä varten. Tietomalleissa voi esiintyä myös virheitä, joita tässä työssä ei käsitellä ja tämä on huomioitava tietomallien käytössä. Koska tämä insinöörityö on tehty kohdeyrityksen tarpeisiin, ei siitä saatuja tuloksia voida välttämättä käyttää apuna muiden yritysten laadunvalvontaprosesseissa.

## Lähteet

1. Tietomallinnettava Rakennushanke, RT 10–10992, julkaistu 1.4.2010
2. COBIM-hanke, Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 1. Yleinen osuus, maaliskuu 2012
3. COBIM-hanke, Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 5. Rakennesuunnittelu, maaliskuu 2012
4. COBIM-hanke, Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 11. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen, maaliskuu 2012
5. COBIM-hanke, Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa, maaliskuu 2012
6. COBIM-hanke, Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 2. Lähtötilanteen mallinnus, maaliskuu 2012
7. Aloittajan opas, Solibri Model Checker,  
<https://www.solibri.com/wp-content/uploads/2016/03/9.6-Aloittajan-opas.pdf>,  
Luettu 24.11.2017
8. COBIM-hanke, Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 6. Laadunvarmistus, maaliskuu 2012
9. Mäkinen Anne, Tietomalli ja siitä saatavat työmaaraaportit rakennushankkeen urakoitsijan näkökulmasta, Opinnäytetyö, Huhtikuu 2013, Ylempi AMK-tutkinto  
[http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/55394/Makinen\\_Anne.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/55394/Makinen_Anne.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
10. Wise Group Finland Oy, Enemmän kuin 3D-suunnittelua, Rakennushankkeen Suunnittelu Tietomallintamalla, Esite  
[http://www.wisegroup.fi/sites/default/files/attachment/wisegroup\\_tietomallin-nusesite\\_www\\_0.pdf](http://www.wisegroup.fi/sites/default/files/attachment/wisegroup_tietomallin-nusesite_www_0.pdf), Luettu 29.11.2017

11. Jäväjä P., Lehtoviita T., Tietomallintaminen rakennustyömaalla, Rakennustieto Oy, Pieksämäki 2016
12. SRV Intranet. Verkkodokumentti. Tietomalli. Luettu 25.1.2018
13. COBIM-hanke, Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 3. Arkkitehtisuunnittelu, maaliskuu 2012
14. World Economic Forum, An Action Plan to Accelerate Building Information Modeling (BIM) Adoption, World Economic Forum, Artikkel, Helmikuu 2018
15. Hovi, M. Tietomallinnuksen hyödyntäminen ja käyttöönotto työmaalla, Saimaan Ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikan koulutusohjelma, Opinnäytetyö.  
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/23376/Tietomallinnuksen%20hyodyntaminen%20ja%20kayttoonotto%20tyomaalla.pdf?sequence=1>
16. Asiantuntijahaastattelut, 29.12.2017-9.3.2018, SRV:n henkilöstö
17. Viitala J-S, Ylläpitomallin oleellisen tietosisällön määrittely, Vaasan Ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikan koulutusohjelma, Opinnäytetyö.  
[http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/128038/Jenni-Sofia%20\\_Viitala.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/128038/Jenni-Sofia%20_Viitala.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
18. Sulankivi Kristiina, Mäkelä Tarja ja Kiviniemi Markku, Tietomalli ja työmaan turvallisuus, Tutkimusraportti, VTT-R-01003-09
19. Internetlähde: <https://bimobject.com/en/blog/post/why-4d-5d-and-6d-bim-need-real-manufacturers-bim-objects-hosted-on-a-professional-cloud-solution>, Luettu 6.4.2018
20. COBIM-hanke, Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 4. Talotekninen suunnittelu, maaliskuu 2012

